Aus der Frauenklinik und -poliklinik
der Freien Universität Berlin
im Klinikum Steglitz
Direktor: Professor Dr. med. Georg Hörmann

DAS FETALE ELEKTROKARDIOGRAMM BEI GESTOSEN UND HYDRAMNION

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den
Medizinischen Fachbereichen der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Chahrokh Faniazari
aus Teheran/Iran

1972

Aus der Frauenklinik und -poliklinik
der Freien Universität Berlin
im Klinikum Steglitz
Direktor: Professor Dr. med. Georg HÖRMANN

Das fetale Elektrokardiogramm bei Gestosen und Hydramnion

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den
Medizinischen Fachbereichen der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Chahrokh Faniazari
aus Teheran/Iran

Referent: Professor Dr. med. Georg HÖRMANN

Korreferent: Professor Dr. med. Fritz Dressler

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Promoviert am: 14. Dezember 1972

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Inhaltsverzeichnis

		Seite
I.	EINFÜHRUNG	4
II.	BESPRECHUNG DER LITERATUR	6
III.	DIE AUSSAGEMÖGLICHKEITEN DER PRÄNATALEN FETALEN ELEKTROKARDIOGRAPHIE	8
	1. Nachweis des kindlichen Lebens	8
	2. Feststellung der Lage des Kindes im Uterus	8
	3. Nachweis einer Mehrlingsschwangerschaft	12
	4. Bestimmung des kindlichen Reifegrades	12
	5. Feststellung einer Plazenta-Dysfunktion durch fetale Elektrokardiographie	13
IV.	METHODIK	16
	1. Ableitetechnik	17
	2. Die Auswertungsart	21
V.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	24
VI.	AUSWERTUNG DER BEFUNDE	25
	1. Herzfrequenz	25
	2. Berechnung der QRS-Komplexe	25
	3. Bestimmung der intrauterinen Kindslage	25
	4. Bestimmung der QRS-Amplituden des kindlichen Herzens im Verlaufe der Schwangerschaft	26
VII.	ERGEBNISSE	27
	1. Allgemeine Ergebnisse	27
	2. Ergebnisse bei Schwangerschaften mit normalem Verlauf	27
	a) Abhängigkeit der R-Zacken-Amplituden von der Schwangerschaftsdauer	27
	b) Abhängigkeit der fetalen R-Zacken-Potentiale von der Vernix caseosa der Hautoberfläche	32
	3. Ergebnisse bei Schwangerschaften mit präeklamptischer Toxämie	38
	a) Abhängigkeit der Präeklampsiesymptome von den Schwangerschaftswochen	38
	b) Abhängigkeit der fetalen R-Zacken-Amplituden von der Schwangerschaftsdauer bei präeklamptischen Schwangerschaften	43
	4. Ergebnisse bei Schwangerschaften mit vermehrter Fruchtwasserbildung (Hydramnion)	48

Seite

VIII. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE 54

Die Bedeutung und Anwendung der fetalen Elektrokardiographie bei Schwangerschaften mit Präeklampsie und Hydramnion 57

IX. ZUSAMMENFASSUNG 58

X. SCHRIFTTUM 6o

I. E I N F Ü H R U N G

Der Nachweis des kindlichen Lebens im Uterus ist durch Registrierung der kindlichen Herztöne oder die in neuerer Zeit bekannt gewordene fetale Elektrokardiographie möglich. Bei diesem Untersuchungsverfahren werden die elektrischen Ströme, die bei jeder Herzkontraktion entstehen und durch verschiedene Gewebsschichten auf die Hautoberfläche gelangen, mit Hilfe empfindlicher Registriergeräte nachgewiesen. Dabei wird grundsätzlich eine direkte von einer indirekten Ableitungsmethode unterschieden.

Bei der direkten Ableitungsmethode wird unmittelbar von der kindlichen Hautoberfläche (in der Regel Kopf- oder Gesässhaut) abgeleitet. Bei der indirekten Methode erfolgt die Ableitung von der mütterlichen Hautoberfläche (Abdomen, Vagina, Rektum).

II. BESPRECHUNG DER LITERATUR

Die Anfänge der fetalen Elektrokardiographie gehen auf das Jahr 1906 zurück. In dieser Zeit wurden erstmals die kindlichen Herzaktionsströme bei einer schwangeren Frau durch indirekte -abdomino-vaginale, rektale- Ableitungen nachgewiesen. Diese Entdeckung des deutschen Physiologen CREMER öffnete einen neuen Weg in der geburtshilflichen Diagnostik. Er benutzte zur Registrierung des fetalen Elektrokardiogramms das drei Jahre zuvor von EINTHOVEN konstruierte Saitengalvanometer. Die Amplituden der fetalen Herzaktionspotentiale waren in den ersten registrierten Ableitungen sehr klein und die rektalen oder vaginalen Elektroden für die Patientinnen unangenehm.

MAEKAWA und TOYOSHIMA gelang es 1930, mit Hilfe eines Vakuumröhrenverstärkers und durch alleinige Anwendung der abdominalen Elektroden, ein fetales Elektrokardiogramm aufzuzeichnen.

1938 wiesen unabhängig voneinander STRASSMANN und BELL auf die mögliche klinische Anwendbarkeit des fetalen Elektrokardiogramms hin. Im selben Jahre diagnostizierte BELL durch Anwendung dieser Methode und besonderer Verstärker zwei Zwillingsschwangerschaften und beschrieb die intrauterine Lage der Kinder. Durch Verfeinerung der technischen Apparatur und Entwicklung neuerer Geräte wurde erstmals 1942 möglich, mit Hilfe eines Elektroencephalographen die kindlichen Herzaktionspotentiale in der Frühschwangerschaft abzuleiten (WARD u. KENNEDY).

In den folgenden Jahren wurde die klinische Aussagefähigkeit der fetalen Elektrokardiographie erweitert, wobei man besonderen Wert auf die späteren Schwangerschaftsmonate legte (BLONDHEIM). 1954 wies SOUTHREN auf die Möglichkeit hin, anhand des fetalen Elektrokardiogramms eine kindliche Asphyxie zu diagnostizieren. SKEMP u. MILLEN bezeichneten 1958 das Vorhandensein der fetalen elektrischen Aktivität im Elektrokardiogramm als viertes positives Schwangerschaftszeichen. ZIPPEL stellte 1955 fest, dass der früheste Zeitpunkt des Nachweises des kindlichen Elektrokardiogramms bei einer

schwangeren Frau in der 17. Schwangerschaftswoche liegt; er benutzte das fetale Elektrokardiogramm ausserdem für den Nachweis des intrauterinen Fruchttodes sowie für die Lage- und Zwillingsdiagnostik. WIMMER gelang es 1954 durch Messung der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit der Vernix caseosa (Käseschmiere) und Vergleich mit anderen Medien, die Abhängigkeit der Höhe der fetalen Potentiale vom Schwangerschaftsmonat bzw. vom Vernix caseosa-Belag der kindlichen Hautoberfläche darzustellen. Damit wurde der Reifegrad des Kindes in den einzelnen Schwangerschaftsmonaten mit Hilfe des Elektrokardiogramms nachweisbar. Durch weitere Verfeinerung der Technik und Methodik konnten KAPLAN u. TOYAMA 1958 ein komplettes fetales Elektrokardiogramm durch abdominale Ableitungen registrieren und genaue Angaben über P-QRS-T-Zeiten machen. LARKS bestimmte aus dem durch besondere Technik abgeleiteten fetalen Elektrokardiogramm die elektrische Achse des kindlichen Herzens und berichtete ferner über diagnostische Möglichkeiten dieser Untersuchungsmethode zur Geschlechtsbestimmung des Kindes während der Schwangerschaft. Den endgültigen Beweis für die Abhängigkeit der Höhe der fetalen R-Zacken von der Menge der Käseschmiere und vom Schwangerschaftsmonat erbrachten BOLTE und Mitarbeiter 1968 durch direkte kontinuierliche Ableitungen bei Kaninchenfeten. Da der Kaninchenfetus im Gegensatz zum menschlichen Fetus während des intrauterinen Lebens keine Käseschmiere auf der Haut bildet, steigen die abgeleiteten elektrischen R-Zacken-Potentiale von Anfang bis Ende der Schwangerschaft kontinuierlich an. Durch Vergleich der Amplituden der Untersuchungen während der Schwangerschaft mit statistisch ermittelten Werten bietet die Elektrokardiographie eine gute Möglichkeit zur Selektion gefährdeter Kinder bei Verdacht auf Plazentadysfunktion (BOLTE). In neuester Zeit wurde durch Anwendung des Computers zur Auswertung der Ergebnisse pränataler fetaler Elektrokardiogramme (LARKS, HON, BOLTE) möglich, diese Methode zu routinemässigen Verlaufsuntersuchungen während der gesamten Schwangerschaftszeit - beginnend mit der 17. Woche - einzusetzen. Daraus lassen sich folgende diagnostische

Schlüsse ziehen:

1. Intrauterine Kindslage
2. fetale Herzfrequenz und Herzrhythmusanomalien
3. Mehrlingsschwangerschaft
4. kindlicher Reifegrad
5. Selektion gefährdeter Kinder bei Verdacht auf Plazentadysfunktion

In unserer Arbeit soll die diagnostische Wertigkeit der pränatalen abdominalen fetalen Elektrokardiographie bei schwangeren Frauen mit Präeklampsie und Hydramnion untersucht werden.

Bei abdominaler Ableitung ist - wie erwähnt - der früheste Zeitpunkt des Nachweises der kindlichen Herzaktionspotentiale die 17. Schwangerschaftswoche. Theoretisch müsste der Nachweis viel früher, nämlich zwischen dem 25. und 3o. Tage nach der Ovulation möglich sein; zu diesem Zeitpunkt beginnt das kindliche Herz zu schlagen. Jedoch sind die elektrischen Potentiale, die vom kindlichen Herzen erzeugt werden, insgesamt so klein, dass sie auch durch empfindliche Apparaturen nicht registriert werden können.

III. DIE AUSSAGEMÖGLICHKEITEN DER PRÄNATALEN FETALEN ELEKTROKARDIOGRAPHIE

Bei der routinemässigen Anwendung der fetalen Elektrokardiographie und genauen Auswertung der Ergebnisse sind folgende Aussagen möglich:

1. Nachweis des kindlichen Lebens

Der sichere Nachweis des kindlichen Lebens ist bei der Schwangerenuntersuchung durch Abhören der kindlichen Herztöne möglich. Dazu benutzt man entweder das Holzstethoskop oder in den frühen Schwangerschaftsmonaten ein Ultraschallgerät. Wenn die kindlichen Herztöne weder mit Holzstethoskop noch mit Ultraschallgerät gehört werden können, ist die Registrierung der kindlichen Herzaktionsströme durch fetale Elektrokardiographie -vorausgesetzt, dass ein störungsfreies Elektrokardiogramm abgeleitet wurde- ein Beweis für das Leben des Kindes.

Die Zahl der positiven Aussagen ist in den einzelnen Schwangerschaftsmonaten unterschiedlich, am grössten im 6. und 10. Monat.

2. Feststellung der Lage des Kindes im Uterus

Durch Anwendung mehrerer Ableitungen in verschiedenen Richtungen und Ebenen des Bauchraumes der schwangeren Frau liegt das Kind praktisch in einem elektrischen Netz.

So entstehen auf verschiedenen Ableitungen Ausschläge von unterschiedlicher Grösse und Richtung. Aus den folgenden Skizzen sind Grösse und Richtung der quer- und längsabdominalen Ausschläge ersichtlich. Bei der Kopflage und Beckenendlage des Kindes verläuft die elektrische Herzachse fast parallel mit der längsabdominalen Ableitung, folglich sind die grössten Ausschläge in dieser Ableitung zu beobachten. Bei der Querlage werden die grössten Ausschläge in der querabdominalen Ableitung registriert. Die Ausschläge sind bei der Kopflage in der längsabdominalen Ableitung

nach unten (elektrokardiographisch positiv) und bei der Beckenendlage nach oben (elektrokardiographisch negativ) gerichtet.

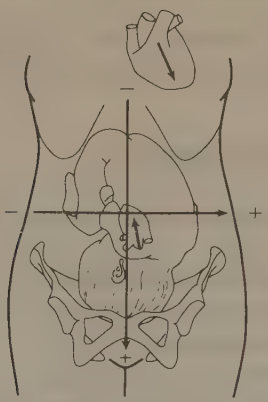


Abb. 1. Kopflage. (Aus: SOUTHREN: Amer. J. Obst. Gynec. 73(1957),233-247 Abb. 2)

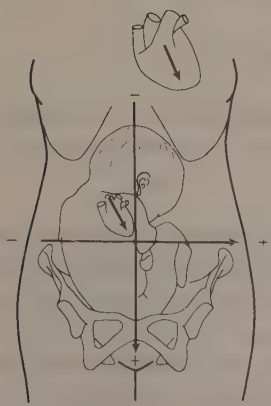


Abb. 2. Beckenendlage

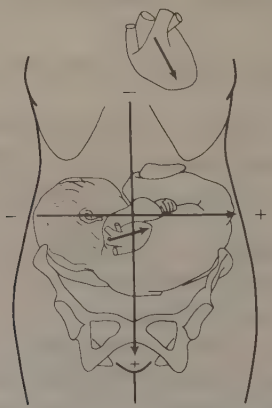


Abb. 3. Querlage

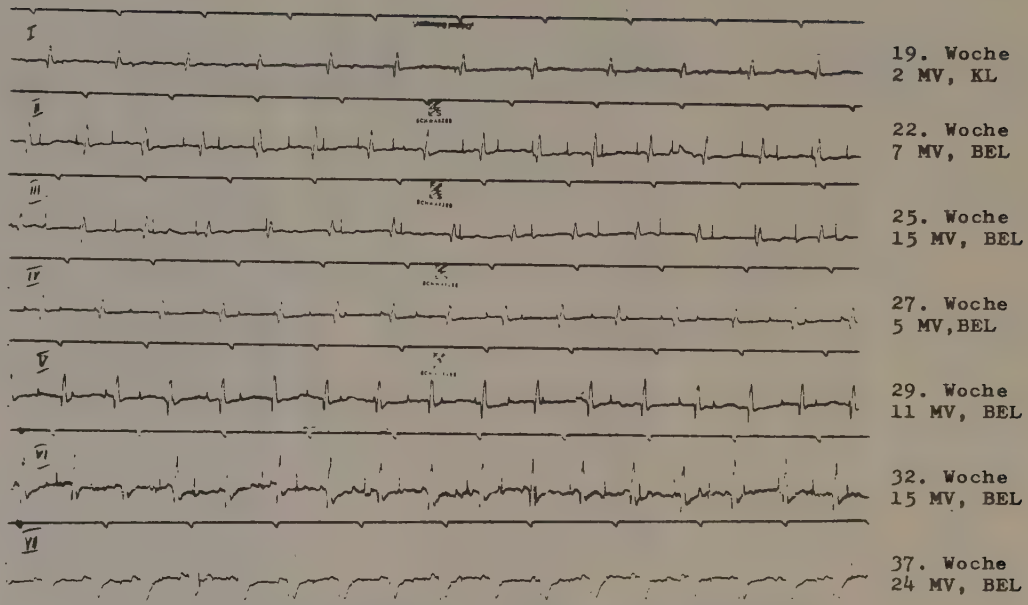


Abb.4. Fetales Elektrokardiogramm bei Beckenendlage. Abgeleitet von der 19.-37. Schwangerschaftswoche bei einer 26 jährigen Ipara. Zyklus: 28/3-4 Tage, ET: 1o.5.1971. Entbindung am 15.5.1971 aus II. reiner Fusslage, 3.37o Gramm, 51 cm.

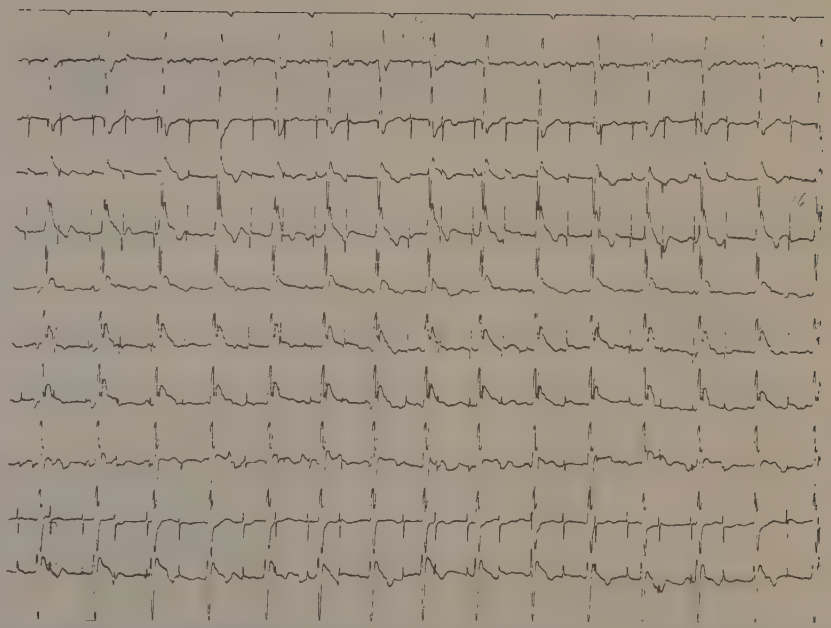


Abb.5. Fetales Elektrokardiogramm bei Querlage. Abgeleitet bei einer 3o jährigen Ipara, drei Tage vor durch Sectio caesarea beendeter Schwangerschaft. Frequenz 144-156 Schläge/Minute, R-Zackenamplitude 62 MV

3. Nachweis einer Mehrlingsschwangerschaft

Die rechtzeitige Diagnose einer Mehrlingsschwangerschaft gehört wegen der häufigen Komplikationen zu den wichtigen Aufgaben des Geburtshelfers. Der erste Hinweis ergibt sich im allgemeinen aus der Feststellung einer Diskrepanz zwischen Grösse und Schwangerschaftsalter bzw. Dauer der Amenorrhoe. Die Fehlaussagen nur mit Hilfe deräusseren Untersuchung werden im Schrifttum mit 6o-7o% angegeben. Der sichere Nachweis ist durch Röntgenaufnahme möglich. Dies gelingt allerdings relativ spät, nämlich erst im 8. Schwangerschaftsmonat, weil das Skelett des Kindes erst zu diesem Zeitpunkt durch genügende Kalkeinlagerung im Röntgenbild zuverlässig sichtbar wird.

Durch die fetale Elektrokardiographie ist bei störungsfreien Ableitungen schon in der 17. Schwangerschaftswoche die sichere Diagnose einer Mehrlingsschwangerschaft möglich, wenn in mindestens einer Ableitung zwei in der Ausschlagsrichtung, Amplitude und meistens in der Frequenz sich unterscheidende, fetale Komplexe registriert werden. Zur Sicherung der Diagnose kann man die Untersuchung - im Gegensatz zur Röntgenuntersuchung - beliebig wiederholen, weil die fetale Elektrokardiographie für Mutter und Kind unschädlich ist.

4. Bestimmung des kindlichen Reifegrades

Die Bestimmung des Geburtstermins in der Praxis beruht in erster Linie auf den Angaben der Patientin über die letzte Regelblutung oder Konzeption und über erste Kindsbewegungen. Diese Angaben sind aber häufig unsicher. Andererseits besteht Gefahr für Mutter und Kind durch Übertragung bei Überschreiten des errechneten Geburtstermins (5/12% der perinatalen Sterblichkeit). Daher muss der Geburtshelfer die Pati entin regelmässig untersuchen, das Gewicht, den Leibesumfang und den Uterusstand kontrollieren sowie die notwendigen apparativen Untersuchungen durchführen, um den genauen Geburtstermin zu bestimmen.

Eine dieser Untersuchungsmethoden ist die fetale Elektrokardiographie. Die Amplituden der kindlichen Herzaktionspotentiale nehmen im Verlauf der Schwangerschaft kontinuierlich zu und stehen in linearer Abhängigkeit vom Wachstum des Herzmuskels, so dass man aus der Grösse der Amplitude den Reifegrad des Kindes bestimmen kann. Dies wurde von BOLTE und Mitarbeitern durch direkte elektrokardiographische Untersuchungen an Kaninchenfeten nach Laparotomie der Muttertiere und Ableitung der Herzaktionspotentiale durch Kupferdraht-Elektroden nachgewiesen. Beim Menschen nehmen in Wirklichkeit die Potentiale der R-Zacken parallel zur Herzmuskelmasse des Feten und mit dem Fortschreiten der Schwangerschaft zu, jedoch entstehen durch die Vernix caseosa auf der kindlichen Haut mit Beginn des 8. Schwangerschaftsmonats Potentialverluste, die bei der indirekten Ableitungsmethode zu einem charakteristischen Verhalten der kindlichen Herzaktionspotentiale führen.

Wenn durch Verlaufsuntersuchungen der Zeitpunkt des R-Zackenpotentialabfalls -das trifft für die 27.-28. Schwangerschaftswoche zu (BOLTE)- genau festgestellt werden kann, so ist daraus die Bestimmung des Geburtstermins ohne Angaben der Patientin über die letzte Menstruation möglich.

5. Feststellung einer Plazentadysfunktion durch fetale Elektrokardiographie

Für das Gedeihen des Kindes während des intrauterinen Lebens ist die funktionsfähige Plazenta Voraussetzung. Die Funktion der Plazenta kann durch strukturelle Veränderungen und Zirkulationsstörungen, die dieses Organ bei einigen Erkrankungen (Diabetes mellitus, Erythroblastose, Entzündung, Übertragung, Präeklampsie und Eklampsie) erfährt, erheblich eingeschränkt werden im Sinne der "Plazentainsuffizienz". Die histologischen Veränderungen in der Plazenta bei den oben genannten Krankheiten sind u.a. folgende: Zottenoedem, Sklerose, inaktive Hyperplasie der Zottenkapillaren, Chorionepitheldysplasie, Plazentitis, intra- und intervil-

löse Stase, Infarzierung und Fibrinoidisierung (HÖRMANN). Durch histologische Veränderungen kommt es zur verminderten Durchblutung der Plazenta. Die Kreislaufzeit des mütterlichen Blutes durch die Plazenta ist von J.C. McCLURE BROWNE bei gesunden Schwangeren und Frauen mit präeklamptischer Toxämie und verlängerter Tragzeit mit Na 24 ermittelt worden. Bei gesunden Frauen am Ende der Schwangerschaft fliessen 6oo ml Blut pro Minute durch den mütterlichen Anteil der Plazenta. Bei Patientinnen mit Hochdruck und Präeklampsie ist dieser Blutstrom auf 2oo ml pro Minute reduziert. Die um ein Drittel verminderte Blutumlaufsgeschwindigkeit des Mutterkuchens führt naturgemäss zur Verminderung des Sauerstofftransportes zum Feten. Das wurde durch Messung des Sauerstoffgehaltes in der Nabelschnurarterie (SOUTHREN) nach der Geburt bei gesunden und übertragenen Kindern und bei Kindern präeklamptischer Mütter festgestellt. Auch im pränatalen fetalen Elektrokardiogramm zeigten sich Veränderungen infolge Sauerstoffmangels des kindlichen Herzens, die durch Plazentainsuffizienz bedingt waren (s. Tab. 1).

	Normal	Asphyxie	Übertragung
O_2-Sättigung in Art.umbl. 2 Min. nach der Geburt	47,5 ± 5,1	17,1 ± 4,1	3o,1 ± 3,1
Amplituden der P-Zacken	o,o5 mm	1,1o mm	o,71 mm
P-R Intervall	o,o6 Sec.	o,12 Sec.	o,o9 Sec.
QRS Intervall	o,o2 Sec.	o,o6 Sec.	o,o5 Sec.
S-T Intervall	o,oo Sec.	o,12 Sec.	o,11 Sec.
Amplituden der T-Zacken	o,o3 mm	Isoelektrisch oder negativ	Isoelektrisch oder negativ.

Tab. 1. Veränderungen des pränatalen fetalen Elektrokardiogramms bei 3 Patientinnen-Gruppen (Normal, Asphyxie, Übertragung). (Aus: SOUTHREN: Amer.J.Obstet. Gynec. 73(1957), Tab. 1.)

Durch regelmässige, in kurzen Abständen abgeleitete Elektrokardiogramme bei schwangeren Frauen, besonders in den letzten zwei Wochen der Schwangerschaft, wird festgestellt, dass die

fetalen R-Zacken-Potentiale insbesondere beim Überschreiten des Geburtstermins stark zunehmen (s. Abb. 13 u. 15), Während man bei schwangeren Frauen mit bekanntem Geburtstermin statistische R-Zacken-Amplituden im Durchschnitt von 4o-6o Mikrovolt misst, steigen die R-Zacken Amplituden bei Überschreitung des Geburtstermins kontinuierlich bis auf Werte von im Durchschnitt 8o Mikrovolt an. Vergleichende Untersuchungen über die Häufigkeit von Plazentadysfunktionszeichen an den Neugeborenen mit den Ergebnissen der registrierten R-Zacken Amplitudenwerte haben ergeben, dass je häufiger Neugeborene mit Zeichen der Plazentadysfunktion geboren wurden, desto grösser die nachgewiesenen R-Zakken-Potentiale waren (BOLTE u. Mitarb.). R-Zacken-Potentiale über 8o Mikrovolt bei entsprechendem klinischen Befund sprechen für Plazentainsuffizienz; wird weiter abgewartet und die Geburt nicht eingeleitet, so kann das Kind durch Sauerstoffmangel intrauterin geschädigt werden oder absterben.

Nach Beschreibung der bisher bekannten klinischen Anwendungsmöglichkeiten der fetalen Elektrokardiographie sollen in den folgenden Untersuchungen die möglichen Veränderungen im fetalen Elektrokardiogramm bei Präeklampsie und Hydramnion näher untersucht werden.

IV. METHODIK

Die Aufzeichnung des fetalen Elektrokardiogramms ist einfach, für die Patientin nicht belastend und in der Regel bei einiger Erfahrung innerhalb von fünf bis zehn Minuten durchführbar. Voraussetzung für ein gutes Ableitungsergebnis ist in erster Linie ein empfindliches Registriergerät. Die Amplituden fetaler Herzaktionsströme sind bedeutend kleiner als diejenigen von Neugeborenen oder gar Erwachsenen. Bei der hier angewandten indirekten Ableitung des fetalen Elektrokardiogramms werden die Aktionsströme durch den Widerstand der zwischen den Elektroden und dem kindlichen Herzen liegenden Medien stark abgeschwächt. Eine höhere Verstärkung durch das Registriergerät ist daher unumgänglich. Die heute im Handel befindlichen Elektroencephalographiegeräte haben im allgemeinen eine Empfindlichkeitseinstellung bis zu 1o Mikrovolt/cm, eine Frequenzblende bis zu 15 HZ und sind mit 12 Kanälen ausgestattet. Zur Registrierung der fetalen Elektrokardiogramme bei diesen Untersuchungen wurde ein Elektroencephalographiegerät der Firma Schwarzer, das mit 12 Kanälen ausgestattet ist, benutzt. Meistens wurde mit einer Verstärkung von 2o-5o Mikrovolt und einer Frequenzblende von 15-3o HZ eine Zeitkonstante von o,1 Sekunde/cm Schreibpapier registriert. Für die laufenden Kontrollen wurde eine bequeme, gutgepolsterte Liege mit einem ca. 15 X 15 cm grossen Ausschnitt in der Mitte für die Rückenelektrode benutzt. Die Liege und das Elektroencephalographiegerät wurden zur Ausschaltung von -bei der Ableitung häufig auftretenden- Wechselströmen gut geerdet. Die Störungen, die im fetalen Elektrokardiogramm bei der Registrierung auftreten, sind verschiedener Natur. Sie werden am häufigsten von Muskelpotentialen hervorgerufen, die vom Uterus, von der Bauchwand oder Rückenmuskulatur ausgehen. Ferner führen Bewegungen der Patientin und des Kindes, Darmperistaltik sowie in der Nähe stehende oder im Untersuchungsraum eingebaute elektrische Apparate wie Röntgengeräte, Ultraschallgeräte u.a. zu Störungen im Elektrokardiogramm. Nicht zuletzt kann die Kleidung der untersuchten Personen oder des Untersuchers statische Ströme hervorrufen und Artefakte verursachen.

1. Ableitetechnik

In der fetalen Elektrokardiographie sind verschiedene Ableitungsmethoden möglich. Grundsätzlich muss man eine direkte von einer indirekten Ableitungsmethode unterscheiden. Bei der direkten Ableitung wird eine Elektrode durch die Bauchdecken mit besonderer Technik an die kindliche Hautoberfläche (meistens Gesäss) gebracht und gegen eine auf dem Abdomen der schwangeren Frau befestigte Elektrode geschaltet. Durch diese Ableitungstechnik kann man komplette fetale Elektrokardiogramme in den meisten Fällen gewinnen. Nachteile dieser Ableitungstechnik sind Verletzungen der inneren Organe bei Mutter und Kind und die Infektionsgefahr. Unter der Geburt kann nach Sprung oder Sprengung der Fruchtblase das fetale Elektrokardiogramm mit auf vaginalem Wege am kindlichen Gesäss oder an der Kopfhaut angebrachten Elektroden direkt abgeleitet werden (HON u. Mitarb.). Die direkte Ableitungstechnik während der Schwangerschaft ist wegen der oben genannten Nachteile für Routineuntersuchungen nicht geeignet.

Bei der indirekten Ableitetechnik gibt es drei Möglichkeiten:

1. abdomino-dorsal
2. abdomino-vaginal
3. abdomino-rektal.

Die beiden letzteren Ableitungsverfahren haben wegen Belastung der schwangeren Frauen und Kompliziertheit der Methoden an Bedeutung verloren und werden heute kaum noch angewandt.

Die Methode, die heute in den meisten Kliniken zu routinemässigen fetalen elektrokardiographischen Untersuchungen angewandt wird, ist die indirekte extraabdominale oder abdomino-dorsale Ableitung. Die eigenen fetalen Elektrokardiogramme wurden mit dieser Ableitungsmethode gewonnen. Voraussetzung für jede gute Registrierung ist eine gewissenhafte Erdung der Patientin, der Liege und des Ableitungsgerätes.

Die Patientin liegt entspannt in Rückenlage auf einer -mit einem

Ausschnitt für die Befestigung der dorsalen Elektrode- gutgepolsterten Liege. Nach Entfettung der Haut mit Äther oder Alkohol wird die Ableitungsstelle mit einer Elektrodencreme oder einem Gelee bestrichen. Dann werden sechs Saugelektroden auf dem Abdomen der schwangeren Frau -nach Feststellung der Uterusgrösse- herzförmig befestigt. Die Position der Elektroden ist von der Grösse der Gebärmutter abhängig. Eine siebente Elektrode wird am oberen Punkt der Michaelisschen Raute angebracht. Die Elektroden auf dem Abdomen sind im Uhrzeigersinn von eins bis sechs numeriert. Die Elektrode Nummer eins liegt unmittelbar oberhalb der Schamhaargrenze und die Elektroden Nummer zwei und sechs etwa in Nabelhöhe an den seitlichen Uteruskonturen. Die Elektroden Nummer drei und fünf liegen an den beiden Uteruskanten, die Elektrode Nummer vier oberhalb des Fundus uteri. Wegen der Zweckmässigkeit wird bei der Routineuntersuchung zunächst die Rückenelektrode angebracht; die Patientin wird dann aufgefordert, sich mit dem Rükken vorsichtig so über den Ausschnitt der Liege zu legen, dass ein Abgleiten der dorsalen Elektrode vermieden wird. Zum Schluss wird zur Erdung der Patientin eine achte Saugelektrode am rechten oder linken Oberschenkel befestigt (s. Abb. 6).

Die elektrische Herzachse entspricht der Gesamtheit aller elektrischen Potentiale des Herzens. Sie ist je nach Füllung und Belastung der rechten oder der linken Herzkammer nach rechts oder links gerichtet. Durch die während des intrauterinen Kreislaufs bedingte grössere Belastung der rechten Herzkammer ist die elektrische Herzachse des Feten nach rechts gerichtet. Weil die einzelnen Ableitungen 1 bis 12 räumlich gesehen in verschiedenen Ebenen liegen, entstehen bei vektorieller Übertragung der kindlichen elektrischen Herzachse auf die einzelnen Ableitungen unterschiedlich grosse Ausschläge.

Die abdominelle Ableitung setzt eine Mindestgrösse des Uterus voraus. Bei Schwangerschaften in der 17. Woche steht der Fundus uteri etwa drei Querfinger oberhalb der Symphyse; entsprechend müssen die sechs abdominalen Elektroden dicht nebeneinander am Unterbauch angebracht werden.

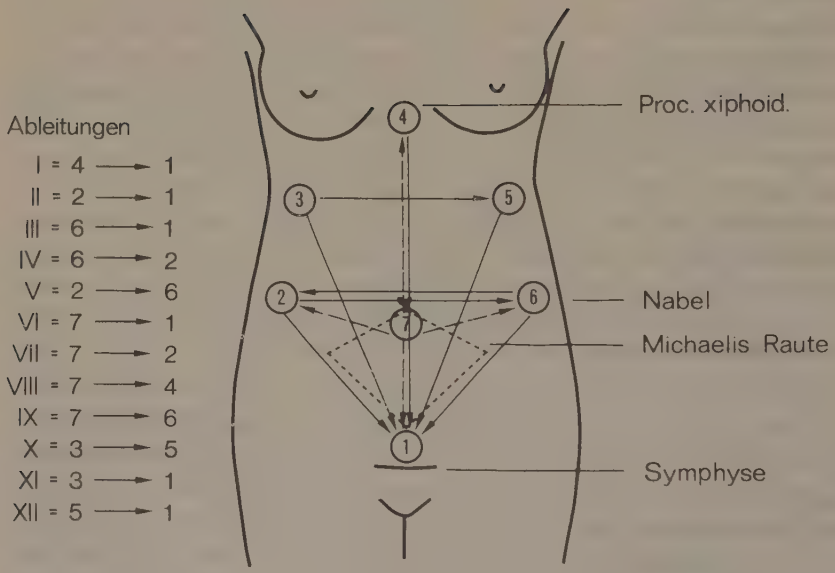


Abb. 6. Aus dieser Skizze sind Lage und Position der Elektroden sowie die räumliche Anordnung und die Richtung der 12 Ableitungen ersichtlich.

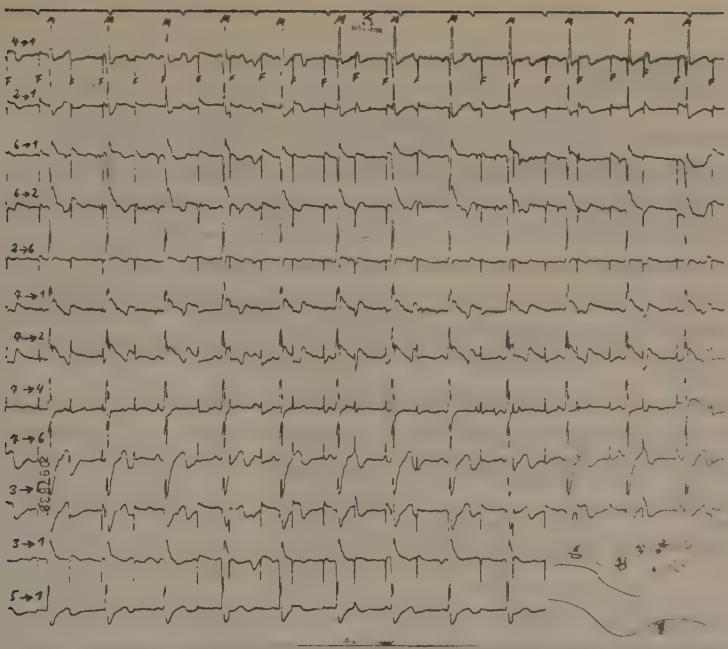


Abb. 7. Fetales Elektrokardiogramm mit 12 Standardableitungen. Die Position der Elektroden ist aus dem Schema ersichtlich. Siehe dazu Abb. 6

Unsere Elektrokardiogramme wurden in der Regel mit einer Verstärkung von 2o Mikrovolt/cm, einer Zeitkonstante von o,oo3 und einer Frequenzblende von 3o HZ geschrieben. Wenn die kindlichen Potentiale zu klein sind, kommt man mit höheren Verstärkungen bis zu 5o Mikrovolt und einer Verkleinerung der Frequenzblende auf 7o HZ zu positiven Ergebnissen. Dabei sind die höher frequenten Muskelpotentiale besonders störend. Sie entstammen meistens der Rückenmuskulatur und sind in den Rückenableitungen 6-9 sichtbar (s. Abb. 6).

Zur Ausschaltung der Muskelpotentiale wurde die Patientin wiederholt zur Entspannung und Ruhe aufgefordert, so dass durch Relaxation der Muskulatur die störenden Potentiale verschwanden. Besonders schwierig und mühevoll waren die Ableitungen bei adipösen Patientinnen. Durch die schlechte elektrische Leitfähigkeit des Fettgewebes entstehen bei dieser Gruppe häufig negative Ableitungsergebnisse (s. Abb. 8).

2. Die Auswertungsart

Bei der indirekten Ableitetechnik, die hier angewendet wurde, müssen die vom kindlichen Herzen erzeugten potentialen Medien mit unterschiedlicher elektrischer Leitfähigkeit passieren, bis sie an der Hautoberfläche der schwangeren Frau zu den einzelnen Elektroden gelangen und vom Elektroencephalographen registriert werden. In der folgenden Tabelle sind einige am Menschen gemessene elektrische Leitfähigkeiten angegeben:

Vernix caseosa	$1{,}2 \times 10^{-8}$	ohm/cm^2
Fruchtwasser	26×10^{-4}	ohm/cm^2
Muskulatur	$6\text{-}9 \times 10^{-3}$	ohm/cm^2
Blutplasma	161×10^{-4}	ohm/cm^2
physiologische NaCl-Lösung	195×10^{-4}	ohm/cm^2
Fettgewebe	$0{,}4 \times 10^{-4}$	ohm/cm^2
Knochen	$0{,}6 \times 10$	ohm/cm^2

Tab. 2. Spezifische elektrische Leitfähigkeit biologischer Medien (nach P. WIMMER).

Hieraus ergibt sich, dass bei der indirekten Ableitungstechnik nur Bruchteile der kindlichen Herzaktionspotentiale -im allgemeinen nur die R-Zacken- registriert werden können. Ein komplettes fetales Elektrokardiogramm wurde nur in seltenen Fällen registriert (s. Abb. 5). Die Grösse der R-Zacken des kindlichen Herzens steht in linearer Abhängigkeit von der Herzmuskelmasse.

Bei äusserer indirekter Ableitetechnik werden kindliche und mütterliche Komplexe gleichzeitig registriert, so dass mütterliche Herzerkrankungen gleichzeitig diagnostiziert werden können. Von Nachteil sind dabei Superpositions- und Auslöscheffekte der fetalen und mütterlichen Potentiale. Zur Ausschaltung der mütterlichen Komplexe verwendeten wir in unserer Untersuchungsreihe versuchtsweise einen Metallgürtel, der zwischen Fundus uteri und proc.xiphoideus angebracht wurde. Auf diese Weise liessen sich die mütterlichen Komplexe zwar etwas abschwächen, jedoch ver-

ringerten viele auch die kindlichen Potentiale. Theoretisch wäre durch einen besonders konstruierten elektrischen Signalgeber die Auslöschung der mütterlichen Komplexe möglich.

Bei den registrierten fetalen Elektrokardiogrammen wurden verschiedene Parameter ausgewertet:

a) Frequenz
b) Rhythmus
c) Grösse der R-Zacken-Amplituden
d) Hauptausschlagsrichtung der R-Zacken-Amplituden

Zu a: Zur Ermittlung der Frequenz wurde die Zahl der R-Zacken-Potentiale in einem bestimmten Zeitraum festgestellt. Durch wiederholte Zählungen wurde dann die mittlere kindliche Herzfrequenz pro Minute bestimmt.

Zu b: Der Rhythmus wurde durch wiederholte Messungen der R-Zacken-Abstände festgestellt.

Zu c: Zur Bestimmung der Grösse der R-Zacken wurden die grössten kindlichen Potentiale des fortlaufend registrierten Elektrokardiogramms in den einzelnen Ableitungen 1-12 ausgesucht und mit einem Zirkel die obersten und untersten Ausschlagspunkte gemessen. Die Messwerte wurden den jeweiligen Eichzacken zum Vergleich gegenübergestellt. Beispiel: Fetales Elektrokardiogramm geschrieben bei 2o Mikrovolt Grundspannung. Die grösste R-Zacke = o,8 cm, dazugehörige Eichzackenhöhe = o,4 cm. Durch Anwendung des Dreisatzes wird die gemessene R-Zacke in Mikrovolt umgerechnet:

$$X = \frac{2o \times o,8}{o,4} = 4o \text{ Mikrovolt}$$

Zu d: Die Ermittlung der Hauptausschlagsrichtung der R-Zacken-Potentiale gibt Auskunft über die Lage des Kindes in der Gebärmutter. Die Richtung des Integralvektors der kindlichen Herzaktionsströme stimmt mit der kindlichen Rumpfachse überein, so dass man aus der Ausschlagsrichtung der R-Zacken in den einzelnen Ableitungen von 1-12 die intrauterine Kindslage bestimmen

kann. In den längsabdominalen Ableitungen 1, 2, 3, 1o, 12, 6, 8 zeigt ein positiver nach unten gerichteter Ausschlag die Kopflage, ein negativer nach oben gerichteter Ausschlag die Steisslage des Kindes an. Bei Nachweis der grössten R-Zacken-Ausschläge in den Ableitungen 4 und 5 handelt es sich um eine Querlage.

V. E I G E N E U N T E R S U C H U N G E N

Es wurden insgesamt 263 schwangere Frauen in verschiedenen Schwangerschaftswochen untersucht. Bei jeder Patientin wurde im Durchschnitt fünfmal abgeleitet und 1.56o Elektrokardiogramme wurden registriert. Die Gesamtheit der untersuchten Schwangeren wurde in folgende Gruppen unterteilt:

Gruppe I: 2oo Gravide mit normalem Schwangerschaftsverlauf
Gruppe II: 5o Gravide mit Symptomen einer Spätgestose (EPH-Syndrom, Präeklampsie)
Gruppe III: 13 Gravide mit Hydramnion.

Das registrierte fetale Elektrokardiogramm wurde nur als positiv angesehen, wenn mindestens in einer der 12 Ableitungen eine regelmässige Folge der kindlichen R-Zacken im Verlauf der gesamten Ableitung zu sehen war.

In 6% der Fälle war das registrierte Elektrokardiogramm negativ und somit eine Aussage nicht möglich. Überwiegend handelte es sich in diesen Fällen um Frauen mit Fettleibigkeit oder um Ableitungen in einer ungünstigen Schwangerschaftswoche, um Wechselströme oder Muskelpotentiale. In zwei Fällen war das Kind intrauterin abgestorben. Alle 263 Frauen wurden in regelmässigen Abständen von einer bis drei Wochen klinisch untersucht. Dabei wurden jedesmal der Stand der Gebärmutter, Leibesumfang, Gewicht, kindliche Herztöne, Eiweiss und Zucker im Urin, Oedeme und Blutdruck kontrolliert. Bei objektiven Zeichen einer Präeklampsie (Eiweiss im Urin Spur, RR $\frac{139}{89}$, Knöchelödeme) und eines Hydramnion (beschleunigte Zunahme des Leibesumfangs) wurde die Patientin in kürzeren Abständen und mindestens sechs- bis siebenmal bis zum Geburtstermin der elektrokardiographischen Untersuchung unterzogen. Für die Auswertung der fetalen Elektrokardiogramme wurde das Ergebnis jeder einzelnen Ableitung mit dem Schwangerschaftsverlauf sowie mit dem Zustandsbild des Neugeborenen verglichen. Bei den folgenden Ergebnissen wurde der Tag der Ableitung auf das Entbindungsdatum bezogen. Dies war leicht möglich, da alle 263 untersuchten Patientinnen in unserer Klinik entbunden worden sind.

VI. AUSWERTUNG DER BEFUNDE

1. Herzfrequenz

Zunächst wurde die Frequenz der kindlichen Herzaktion durch Auszählung der QRS-Komplexe in einer Zeit von 10 Sekunden bestimmt. Da die Papiergeschwindigkeit bei den Ableitungen genau eingestellt wurde, konnte man daraus die Frequenz des kindlichen Herzens in einer Minute leicht umrechnen. Um genauere Aussagen über die fetale Herzfrequenz machen zu können, wurden die kindlichen Herztöne gleichzeitig mit einem Ultraschallgerät (sonicaid) abgehört und ausgezählt.

2. Berechnung der QRS-Komplexe

Bei der Auswertung der kindlichen QRS-Komplexe wurden nur die Amplituden der R-Zacken berücksichtigt. Nach genauem Betrachten des ganzen registrierten Streifens wurden die höchsten R-Zacken in den 12 Ableitungen herausgesucht und diese mit einem Zirkel oder Lineal ausgemessen. Anschliessend wurde die mittlere Eichzackenhöhe in der gleichen Weise bestimmt. Da die Grundspannung der registrierten fetalen Elektrokardiogramme festgelegt war, konnte man mit einem Dreisatz und Rechenschieber die Höhe der R-Zacken-Amplituden in Mikrovolt umrechnen. Die R-Zacken-Amplituden wurden bei jeder Registrierung im Durchschnitt fünfmal gemessen, um die mittlere Höhe der R-Zacken-Potentiale genauer zu ermitteln.

3. Bestimmung der intrauterinen Kindslage

Da die 12 Standardableitungen räumlich in verschiedenen Ebenen liegen, findet man nach der Übertragung des Integralvektors der kindlichen Herzaktionsströme (elektrische Herzachse) auf die 12 Ableitungen eine unterschiedliche Grösse der Amplituden und der Richtung der R-Zacken. Die Richtung der R-Zackenausschläge gibt uns bei bekanntem Schaltprogramm (s. Abb. 6) Auskunft über die intrauterine Kindslage. Noch einfacher ist es, wenn man bei der

Bestimmung der Lage die Richtung der kindlichen R-Zacken-Potentiale mit der Richtung der mütterlichen R-Zacken vergleicht. Wenn z.B. in der ersten längsabdominalen Ableitung die fetalen R-Zacken nach unten, d.h. entgegen den mütterlichen R-Zacken gerichtet sind, so handelt es sich um eine Kopflage, wenn beide R-Zacken in gleicher Richtung, d.h. nach oben verlaufen, um eine Beckenendlage. Die grössten kindlichen R-Zacken-Potentiale in der vierten und fünften Ableitung zeigen eine Querlage an. Positive R-Zacken in den Ableitungen zwei und drei sind für die Schräglage charakteristisch. Die dorsalen Ableitungen sechs bis acht sind für alle Lagen günstig, bei denen der Rücken des Kindes der Hinterwand der Gebärmutter näher anliegt.

4. Bestimmung der QRS-Amplituden des kindlichen Herzens im Verlaufe der Schwangerschaft

Bei den drei Patientinnengruppen (Norm, Präeklampsie, Hydramnion) wurden 1.560 Einzelregistrierungen im Verlauf der Schwangerschaft durchgeführt, davon waren 432 Ableitungen bei Schwangeren mit den Symptomen einer Präeklampsie, 96 Ableitungen bei Schwangeren mit den Symptomen eines Hydramnion. Die registrierten Elektrokardiogramme wurden in der beschriebenen Weise ausgewertet.

Die Berechnung der Amplituden-Mittelwerte und deren Abweichung wurde mit Hilfe eines Tischcomputers durchgeführt.

Da alle 263 Patientinnen in unserer Klinik entbunden wurden, war es retrograd möglich, die Schwangerschaftstage festzustellen, an denen eine Ableitung vorgenommen worden war. Die Neugeborenen wurden unmittelbar post partum nach Geburtsgewicht, Länge, Vernix caseosa-Belag der Haut, Lanugobehaarung und nach den allgemeinen Reifegradzeichen beurteilt.

VII. E R G E B N I S S E

1. Allgemeine Ergebnisse

Die registrierten Elektrokardiogramme waren in 6% der Fälle trotz der wiederholten Ableitungen negativ und damit nicht aussagefähig. Bei diesen Fällen war zweimal das Kind intrauterin abgestorben, und bei sechs Patientinnen lag eine extreme Adipositas vor (s. Abb. 8). In fünf Fällen konnten wir mit Hilfe der fetalen Elektrokardiographie eine Zwillingsschwangerschaft nachweisen (s. Abb. 9).

Die registrierten fetalen Elektrokardiogramme waren in einigen Fällen durch Muskelpotentiale und Auftreten von Wechselströmen gestört, die sich durch Entspannen der Patientin und gute Erdung beseitigen liessen (s. Abb. 1o).

In einem Fall waren die abgeleiteten fetalen Komplexe gesplittert (s. Abb. 11).

Der früheste Zeitpunkt des Nachweises der fetalen R-Zacken lag bei dieser Untersuchungsreihe in der 16. Schwangerschaftswoche.

2. Ergebnisse bei Schwangerschaften mit normalem Verlauf

Das Alter der Patientinnen dieser Gruppe lag zwischen 16 und 35 Jahren. 6o% der Frauen waren Ipara, 4o% II.- oder Mehrgebärende.

Der Zyklus war bei dieser Gruppe regelmässig (Durchschnitt: 24-3o/3-8 Tage). In 21 Fällen (1o%) der Schwangerschaften mit normalem Verlauf zeigten die Neugeborenen bei der Geburt Übertragungszeichen, ausserdem fehlte der Vernixbelag auf der Haut.

a) Abhängigkeit der R-Zackenamplituden von der Schwangerschaftsdauer

In Abb. 12 sind die durch 1.o32 Einzelableitungen ermittelten

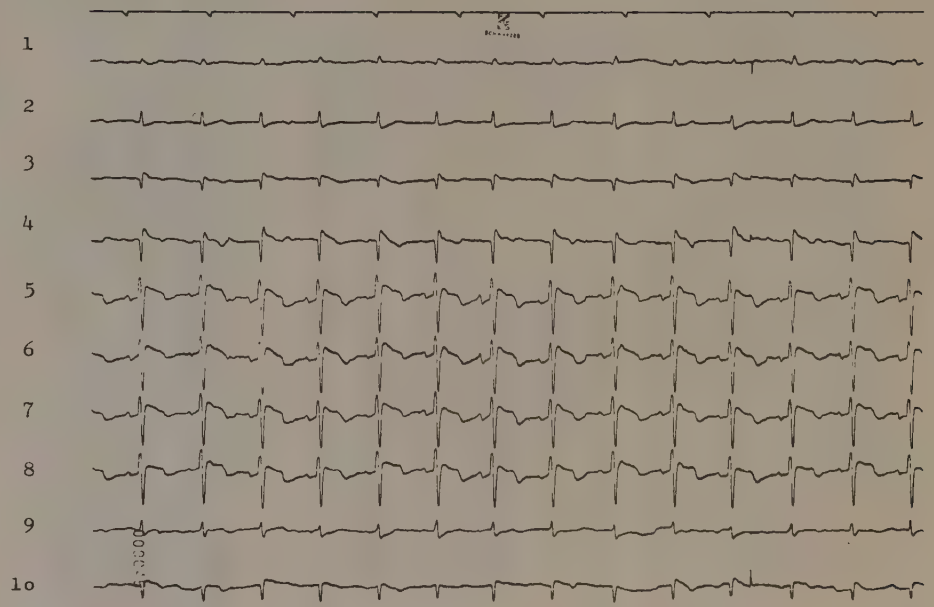


Abb. 8. Störungen im fetalen Elektrokardiogramm. Adipositas. Abgeleitet bei einer 25jährigen Ipara am Entbindungstag, 4o. Schwangerschaftswoche. Spontangeburt, II.Kopflage, 3.44o g/52 cm mit deutlichen Zeichen für Übertragung. - Die fetalen R-Zacken sind kaum zu erkennen, gleichzeitig sieht man eine erhebliche Niedervoltage der mütterlichen QRS-Komplexe in den abdominalen Ableitungen 1-4 und 9-1o

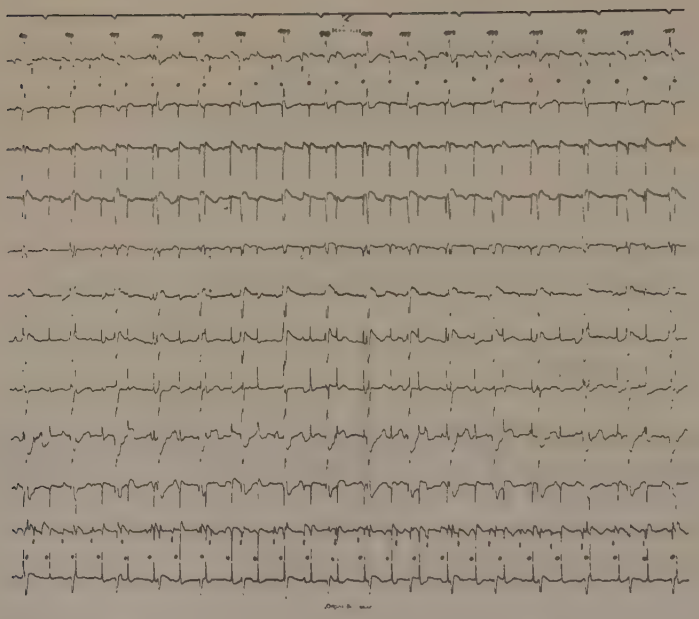


Abb. 9. Fetales Zwillingselektrokardiogramm. Abgeleitet bei einer 28jährigen IIpara, regelmässiger Zyklus: 28/7 Tage, ET: 29.5.197o, in der 39. Schwangerschaftswoche. Spontangeburt der beiden Kinder. I.Kind 9o MV, Kopflage, weiblich, 2.47o g/49 cm, mit Zeichen beginnender Übertragung. II. Kind 25 MV, Kopflage, männlich, 2.9oo g/49 cm. Bei dem ersten Kind konnte keine Käseschmiere nachgewiesen werden; dagegen waren bis zu 3o% der gesamten Körperoberfläche des zweiten Kindes mit Vernix caseosa bedeckt

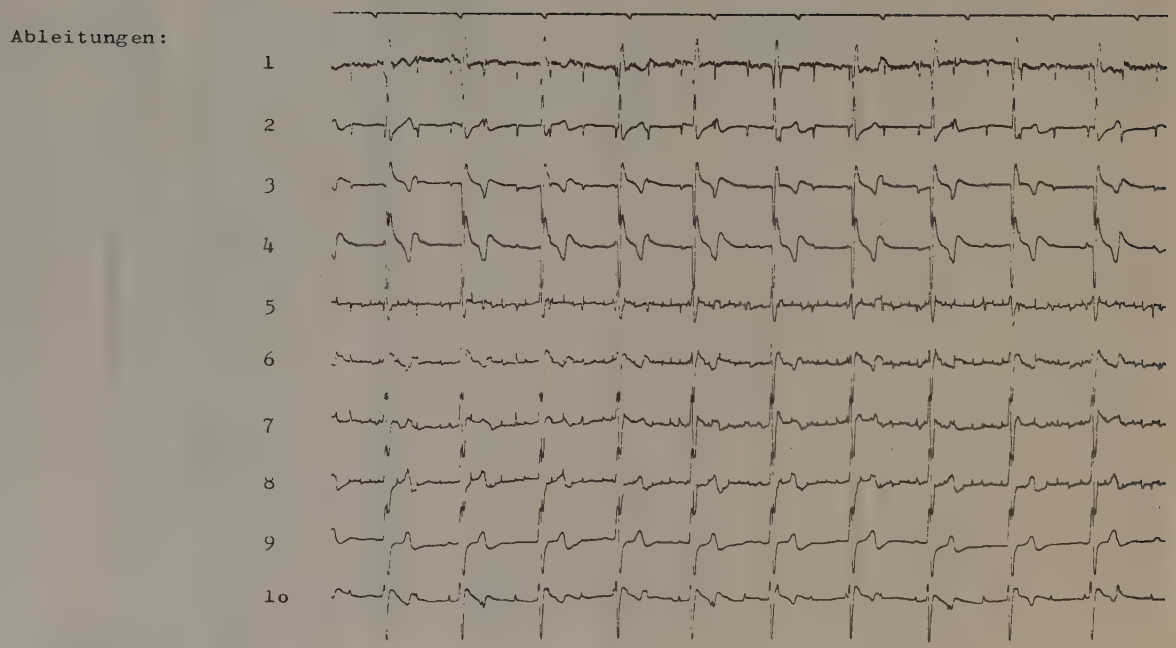


Abb. 1o. Artefakte oder Störungen im fetalen Elektrokardiogramm. In der Ableitung 1 Wechselstrom, in den Ableitungen 5-7 (Rückenableitungen) Muskel-Einzelpotentiale, die von der Rückenmuskulatur stammen

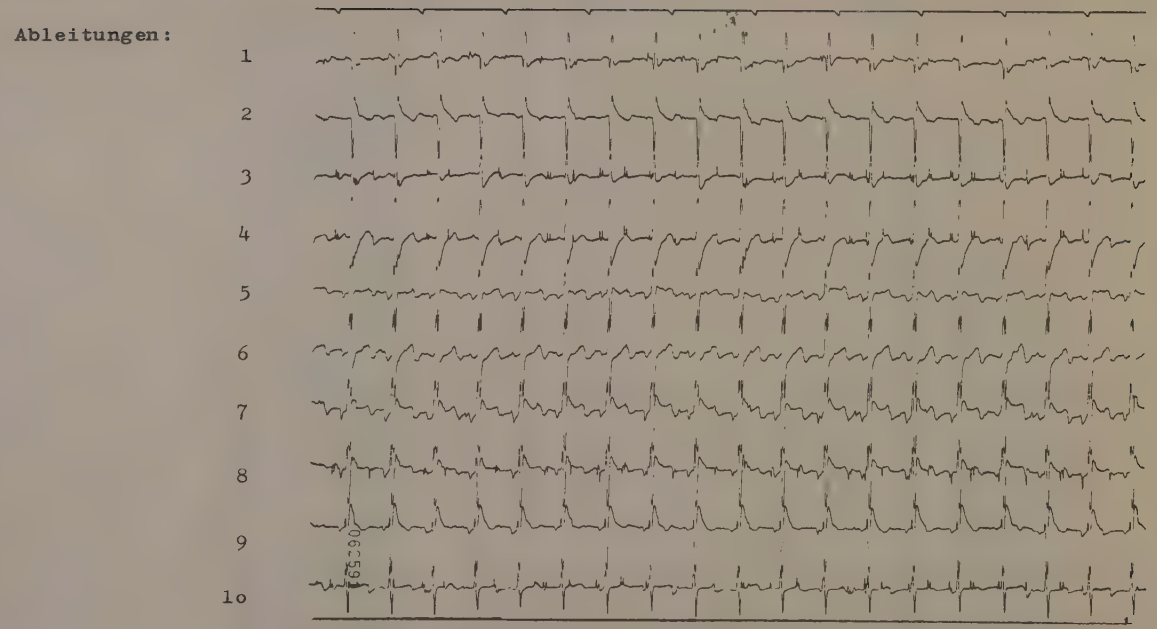


Abb. 11. Störungen im fetalen Elektrokardiogramm. In den Ableitungen 3,4,8, 1o sind die fetalen Komplexe deutlich gesplittert und können zur Fehldiagnose einer Zwillingsschwangerschaft führen

Amplituden der fetalen R-Zacken in Abhängigkeit von der Schwangerschaftswoche graphisch dargestellt.

Die Amplituden-Mittelwerte und die Signifikanzberechnung wurden nach der Formel

$$s^2 = \frac{(x - x^1)^2}{N - 1}$$

durchgeführt.

Die Amplituden der kindlichen Herzaktionspotentiale steigen von der 18. Schwangerschaftswoche steil an und fallen im weiteren Verlauf der Schwangerschaft bis auf 8-Mv in der 29.-3o. Schwangerschaftswoche ab.

Bis zur 33.-34. Schwangerschaftswoche bleiben die fetalen R-Zacken-Amplituden unverändert niedrig; danach zeigen sie wiederum einen kontinuierlichen Anstieg bis auf 55 Mv im Mittelwert kurz vor dem Geburtstermin. Die von uns bestimmten und in der Abb. 12 dargestellten charakteristischen Verläufe der fetalen R-Zacken-Amplituden stimmen mit dem durch BOLTE und Mitarbeitern in einer grösseren Untersuchungsreihe festgestellten Verlauf der R-Zacken-Amplituden überein.

In Abb. 13 ist der typische Verlauf der fetalen Herzaktionspotentiale durch achtmalige Ableitungen während der Schwangerschaft bei einer Patientin dargestellt.

b) Abhängigkeit der fetalen R-Zacken-Potentiale von der Vernix caseosa der Hautoberfläche

Tab. 3 enthält prozentuale Angaben über die Vernix caseosa der kindlichen Hautoberfläche nach der Geburt der Kinder in verschiedenen Schwangerschaftswochen. Tab. 4 zeigt diese Relationen schematisch und in Beziehung zu den in den einzelnen Schwangerschaftswochen abgeleiteten R-Zacken-Potentialen.

In der 38. Schwangerschaftswoche geborene Kinder haben zu 9o% unterschiedliche Vernix caseosa-Beläge der Haut (1o-6o%) und

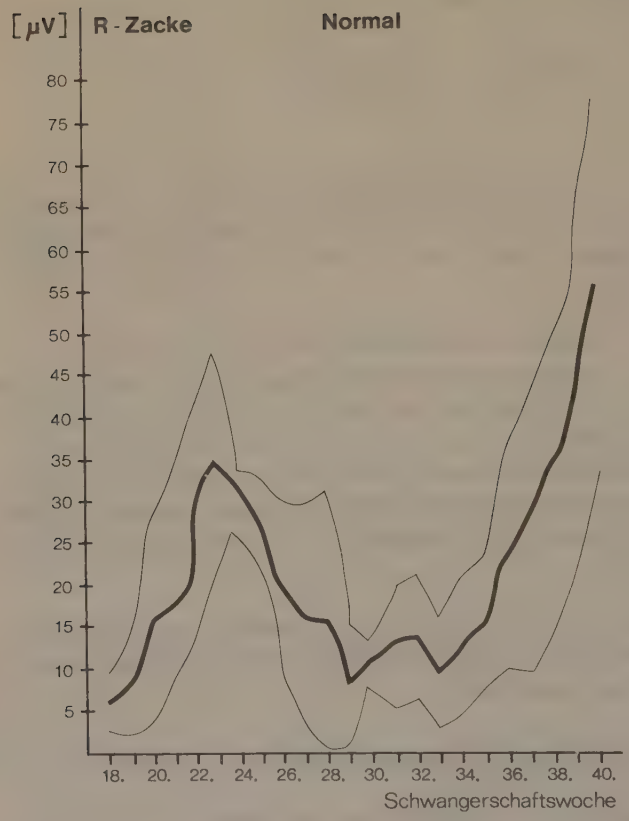


Abb. 12. Abhängigkeit der fetalen R-Zacken-Potentiale von der Schwangerschaftsdauer bei 2oo normal verlaufenen Schwangerschaften. ━━━━━ = arithmetische Mittelwerte, ——— = Standardabweichungen

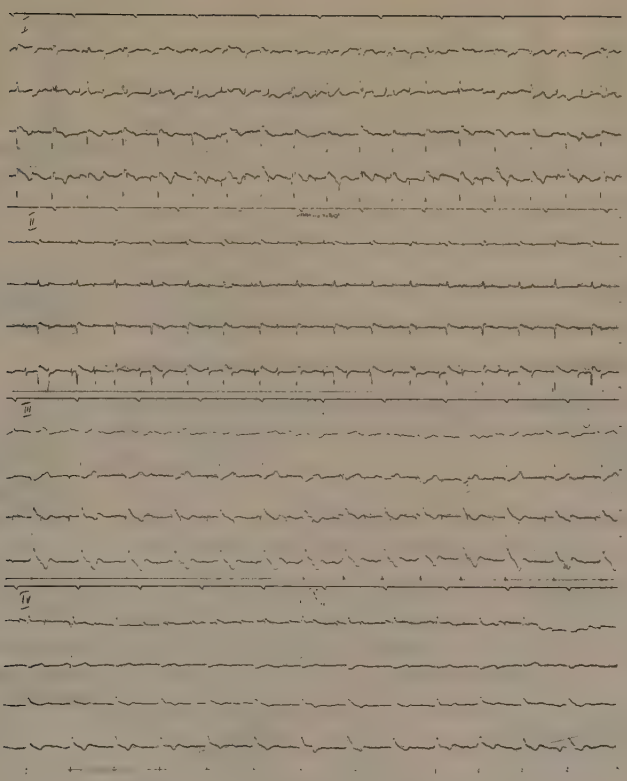


Abb. 13. Elektrokardiographische Verlaufsuntersuchungen während einer normalen Schwangerschaft. Fetale Elektrokardiogramme einer 22jährigen Ipara mit regelmässigen Perioden (28/3-4), ET: 27.3.71. Spontangeburt am 26.3.71, Mädchen 3.3oo g/51 cm aus II. Kopflage

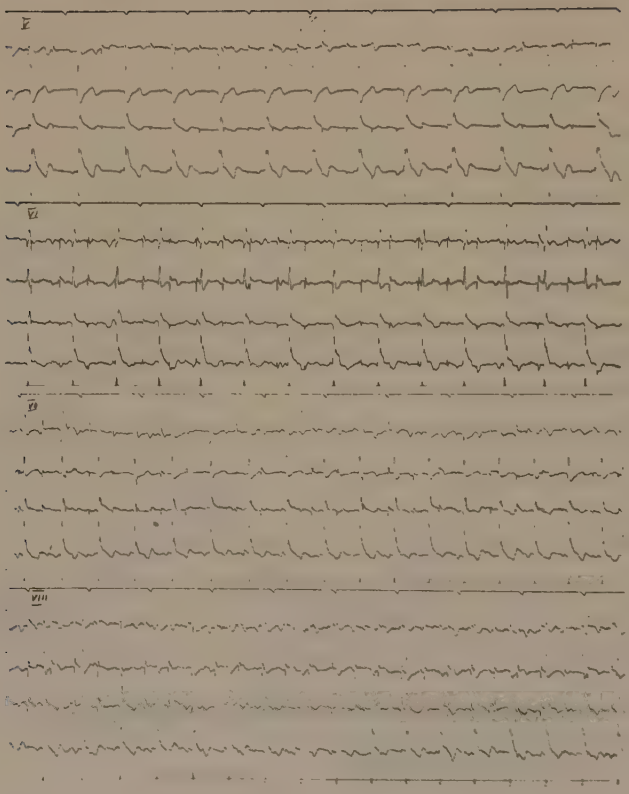
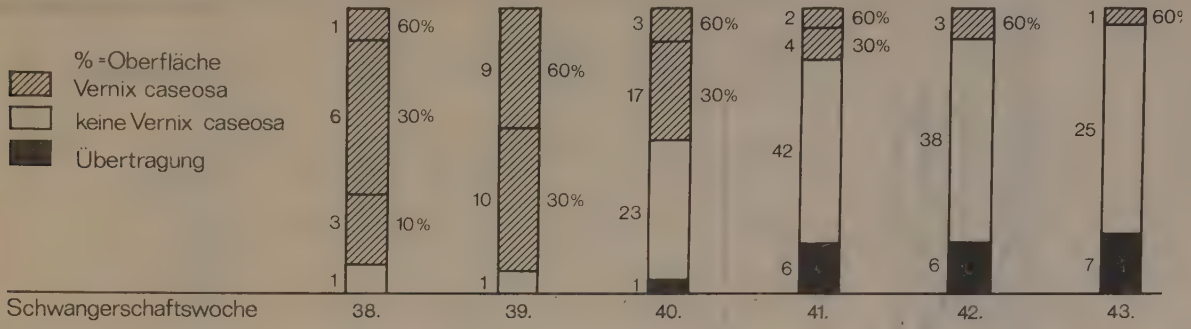


Abb. 14. Elektrokardiographische Verlaufsuntersuchungen während einer normalen Schwangerschaft

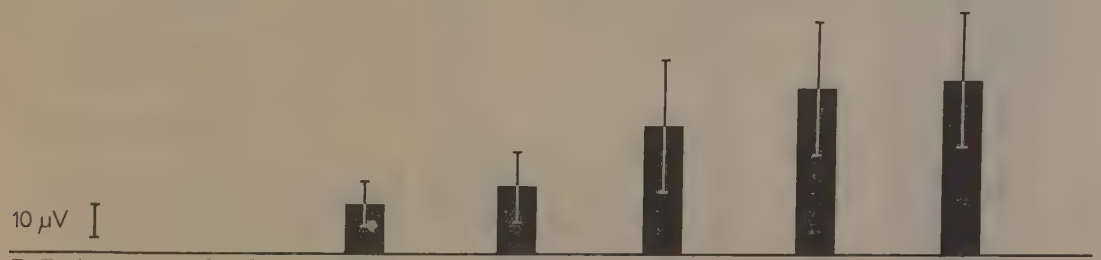
Geburten in: Schwangerschaftswoche	Gesamtzahl	Vernix caseosa 1o%	3o%	6o%	9o%	Keine	Übertragung	Besonderheiten	R-Zacken (Mv) Potentiale	+ - Abweichung
31.	1	0	0	0	1	0	0		1o,98	2,75
32.	1	0	0	0	1	0	0		13,1o	7,56
33.	1	0	0	0	1	0	0		13,4	7,32
34.	1	0	0	0	1	0	0		9,87	6,34
35.	0	0	0	0	0	0	0		12,8	8,1
36.	1	0	0	0	1	0	0		15,36	7,89
37.	1	0	0	1	0	0	0		23,oo	13,o8
38.	12	3	6	1	0	1	0	1. †	16,35	7,25
39.	2o	1o	9	0	0	1	0		22,26	11,13
4o.	43	17	3	0	0	23	1		41,83	2o,65
41.	48	4	2	0	0	42	6		54,66	21,39
42.	41	3	0	0	0	38	6		57,51	21,3o
43.	26	1	0	0	0	25	7			
44.	4	0	0	0	0	4	1	1. †		
	2oo	38	2o	2	5	129	21	2		

Tab. 3. 2oo Normalfälle (ohne Präeklampsiesymptomatik oder Hydramnion) mit Angabe der Austragungsdauer und der letzten Regel und der bei der Geburt beobachteten Vernix caseosa-Menge der Hautoberfläche in Prozenten

Zahl der Geburten — Normale



Höhe der R-Zacken



R-Zacken	[µV]	16,35	22,26	41,83	54,66	57,51
Abweichung		7,25	11,13	20,65	21,39	21,30
Ableitungen		30	46	73	29	20

Tab. 4. Abhängigkeit der R-Zacken-Potentiale von der bei der Geburt von 2oo normalverlaufenden Schwangerschaften; beobachtete Vernix caseosa-Menge der kindlichen Hautoberfläche

wegen der schlechten elektrischen Leitfähigkeit dieser Substanz (WIMMER) niedrige fetale Potentiale von nur 16,35 Mv im Mittel; kein Übertragungsfall ist in dieser Schwangerschaftswoche vorgekommen. Dagegen zeigen 99% (abgerundet) der in der 43. Schwangerschaftswoche geborenen Kinder keinen Vernixbelag und entsprechend hohe R-Zackenpotentiale bis 57,51 Mv (Mittelwert).

Bei allen von uns beobachteten 21 (1o%) Neugeborenen mit Übertragungszeichen wurden pränatal (in der letzten Schwangerschaftswoche) kurz vor der Geburt R-Zacken-Potentiale von mehr als 4o Mv gemessen (s. Abb.15); diese Kinder hatten keinen Vernixbelag auf der Haut.

3. Ergebnisse bei Schwangerschaften mit präeklamptischer Toxämie

Von den 5o Patientinnen mit präeklamptischem Schwangerschaftsverlauf -es wurden nur objektive Symptome (Oedeme, Proteinurie, Hypertonie) berücksichtigt- waren 35 Patientinnen (7o%) Ipara, 15 Zweit- und Mehrpara (3o%).

Das Alter der Frauen lag zwischen 18 und 41 Jahren, der Zyklus war mit 24-33/3-7 Tagen im Durchschnitt stabil. In einem Fall lag eine Zwillingsschwangerschaft vor, vier Neugeborene zeigten bei der Geburt Übertragungszeichen.

a) Abhängigkeit der Präeklampsiesymptome von den Schwangerschaftswochen

In Tab. 5 sind alle während einer Schwangerschaft aufgetretenen objektiven Präeklampsiesymptome unserer Untersuchungsreihe in Prozentzahlen angegeben.

Da die Zahl der Präeklampsiesymptome zwischen der 21. und 3o. Schwangerschaftswoche ganz gering ist, wurden in Tab. 5diese Schwangerschaftswochen in zwei Gruppen geteilt und die prozentualen Anteile der Symptome für die 21.-25. und 26.-3o. Woche gesondert angegeben.

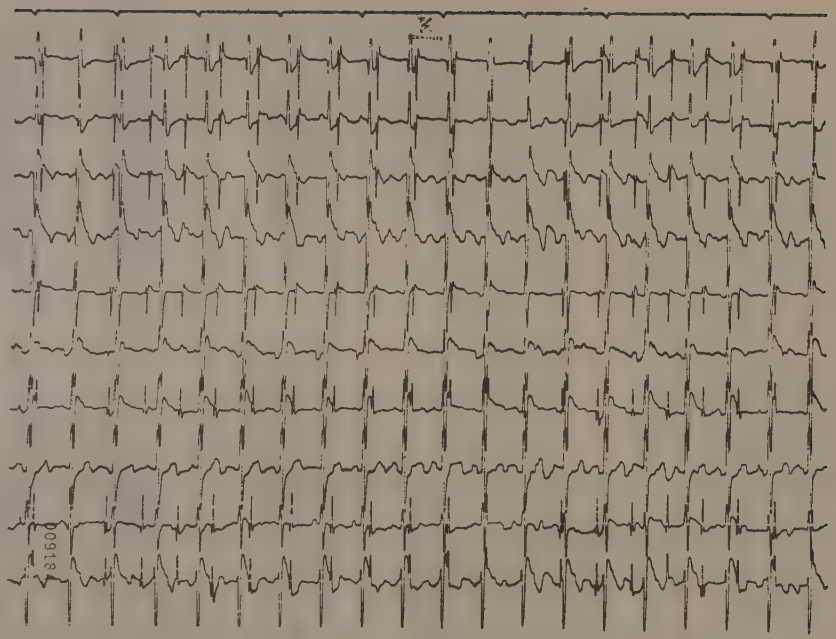


Abb. 15. Fetales Elektrokardiogramm bei Übertragung. 12 Standardableitungen, max. R-Zackenpotential beträgt 12o Mikrovolt. In einigen Ableitungen sind komplette P-QRS-S Komplexe des kindlichen Herzens neben mütterlichen Komplexen sichtbar. Das Elektrokardiogramm stammt von einer 23jährigen Ipara mit regelmässigem Zyklus (28/3-4), ET: 24.11.197o. Entbindung am 4.12.197o, spontan aus I.Kopflage, Knabe, 3.85o g/56 cm, Übertragungszeichen

Schwangerschafts-wochen	H	P	E	EP	EH	HP	EPH
21 - 25	7,6	3o,7	15,4	3o,7	0	0	15,4
26 - 3o	0	15,6	18,4	4o,6	3,1	18,4	3,1
31	14,2	28,5	28,5	28,5	0	0	0
32	0	0	18,1	63,6	0	18,1	0
33	0	45,4	9	27	0	9	9
34	0	18,1	9	45,4	18,1	9	0
35	0	22,7	9	31,8	4	13,1	18,1
36	0	0	28	28	5	11	28
37	0	0	16	56	0	12	16
38	0	13,8	8,3	38,8	8,3	8,3	22,2
39	0	13,3	1o	43,3	3,3	6,6	23,3
4o	0	7,4	11,1	48,1	0	0	33,3
Summe	21,8	195,5	18o,8	481,8	41,8	1o5,5	198,4

Tab. 5. Prozentuale Häufigkeit der Präeklampsiesymptome in den verschiedenen Schwangerschaftswochen bei 5o Patientinnen mit präeklamptischen Schwangerschaftsverläufen

Zur besseren Übersicht ist in Abb. 16 die Zahl der in der Untersuchungsreihe beobachteten Präeklampsiesymptome in Abhängigkeit von der jeweiligen Schwangerschaftswoche graphisch dargestellt. Am häufigsten trat die Gestose in den letzten 4 Schwangerschaftswochen auf.

Die Präeklampsie tritt also überwiegend in den letzten vier Wochen der Schwangerschaft auf; ihr häufigstes Symptom ist die Proteinurie (s. Abb. 16 und Tab. 5 und 6).

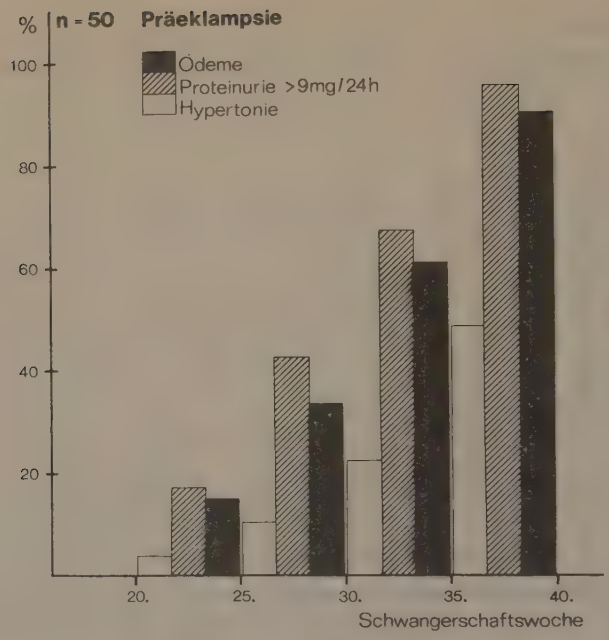
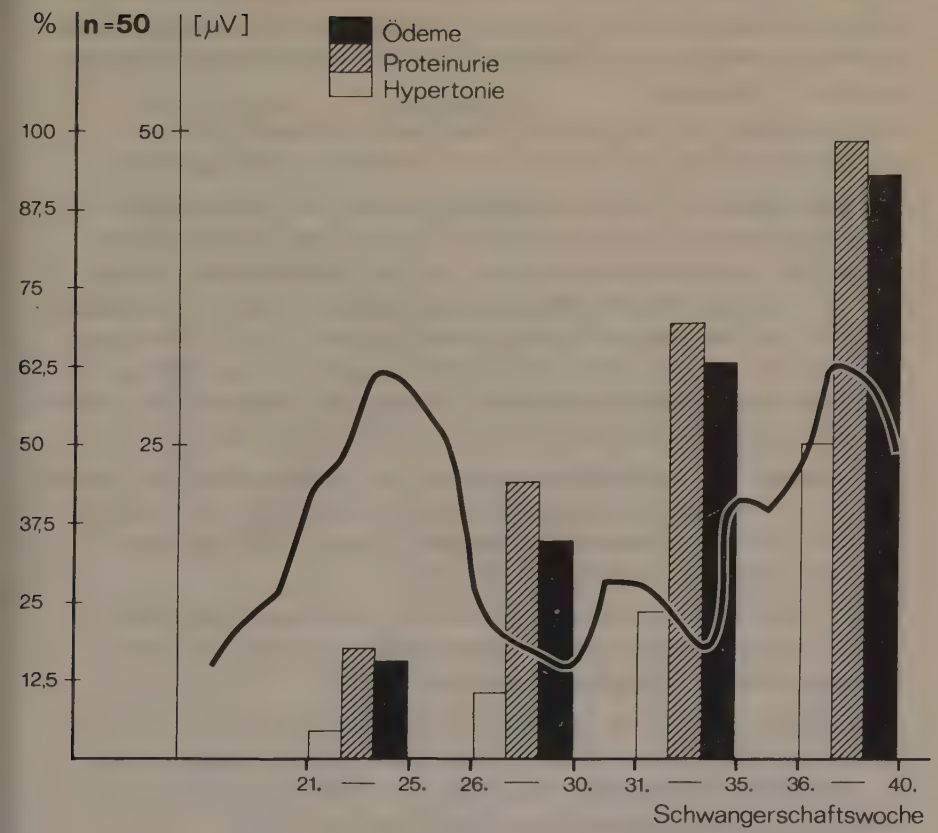


Abb. 16. Abhängigkeit der Präeklampsiesymptome von Schwangerschaftsdauer bei 5o Patientinnen. Das häufigste Symptom einer Präeklampsie ist -wie aus der Skizze ersichtlich- die Proteinurie.

	H	P	E
21 - 25	4%	14%	12%
26 - 3o	1o%	4o%	34%
31 - 35	24%	7o%	62%
36 - 4o	5o%	98%	92%

Tab. 6. Häufigkeit der Präeklampsiesymptomatik (Hypertonie, Proteinurie, Oedeme) von der 21.-4o. Schwangerschaftswoche



Tab. 7. Abhängigkeit der fetalen R-Zacken und der Präeklampsiesymptome bei 5o Patientinnen von der Schwangerschaftsdauer. In den letzten 4 Wochen ist ein Abfall der mittleren R-Zackenamplituden-Mittelwerte zu verzeichnen

b) Abhängigkeit der fetalen R-Zacken-Amplituden von der Schwangerschaftsdauer bei präeklamptischen Schwangerschaften

In Abb. 17 sind die durch Auswertung von 432 Registrierungen ermittelten Amplituden der fetalen R-Zacken bei 5o präeklamptischen Schwangerschaften in Abhängigkeit von den Schwangerschaftswochen graphisch dargestellt.

Die Berechnung der Mittelwerte und deren Abweichungen wurden in der gleichen Weise wie bei den 2oo Normalfällen durchgeführt.

Die Amplituden der fetalen R-Zacken steigen bei präeklamptischen Schwangerschaften -ähnlich wie bei normalen Schwangerschaften- ab der 19. Schwangerschaftswoche von 6 Mv im Durchschnitt bis auf 3o Mv in der 23.-24. Schwangerschaftswoche steil an und gehen dann bis auf Ausgangswerte von 5-8 Mv in der 29.-3o. Schwangerschaftswoche zurück. Die R-Zacken-Potentiale bleiben bis zur 34. Schwangerschaftswoche unverändert niedrig und steigen dann wieder bis auf 3o Mv maximal in der 38. Schwangerschaftswoche an.

Im Gegensatz zu den Schwangerschaften mit normalem Verlauf sinken von der 38. Schwangerschaftswoche an die Amplituden der fetalen R-Zacken bei präeklamptischen Schwangerschaften bis zum Ende der Schwangerschaft steil ab (Abb. 17).

In Abb. 18 ist der typische Verlauf der R-Zacken-Potentiale bei einer Patientin mit schwerer Präeklampsie in den letzten vier Schwangerschaftswochen wiedergegeben.

Die R-Zacken-Amplituden stiegen bei dieser Patientin in der 38. Schwangerschaftswoche bis auf 68 Mv steil an und sanken in der 4o. Schwangerschaftswoche -drei Tage vor Geburt des Kindes- bei anhaltender Präeklampsie bis auf 41 Mv ab.

Dieser Befund steht im Gegensatz zu unseren Ergebnissen bei Schwangerschaften mit normalem Verlauf, bei denen die Amplituden infolge Abahme des Vernix caseosa-Belages der kindlichen Hautoberfläche zwischen der 34. und 4o. Schwangerschaftswoche bis auf 5o Mv steil ansteigen und bei längerer Tragzeit mit Übertragung Werte von 1oo Mv und mehr erreichen.

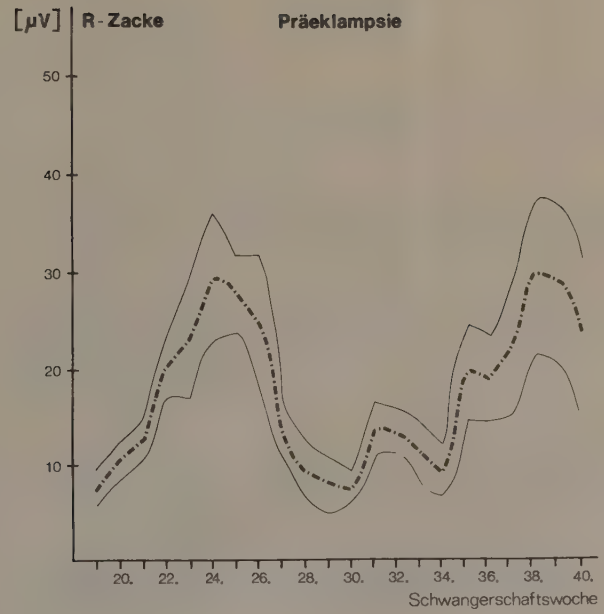


Abb. 17. Abhängigkeit der fetalen R-Zacken-Potentiale von der Schwangerschaftsdauer bei 50 schwangeren Frauen mit Präeklampsie. ——— = Standardabweichung, -.-.-.-.- = arithmetische Mittelwerte

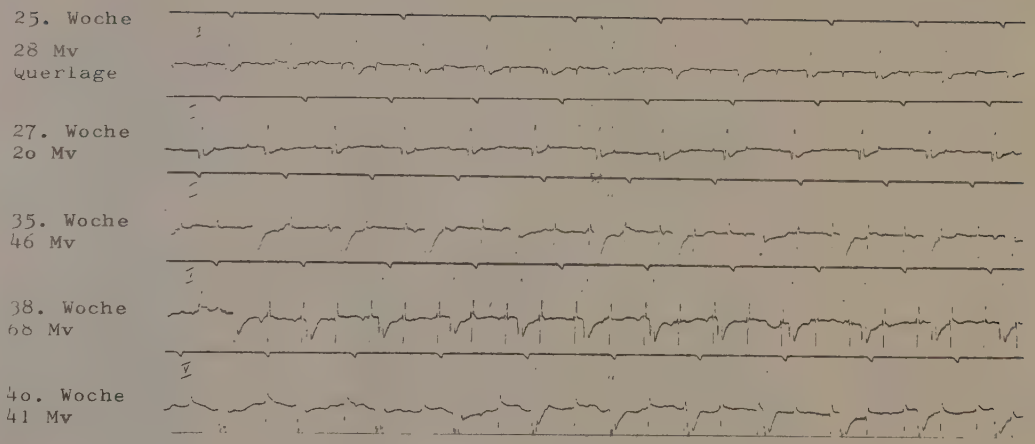


Abb. 18. Elektrokardiographische Verlaufsuntersuchung bei Schwangerschaften mit Symptomen der präeklamptischen Toxämie (Oedeme, Proteinurie, Hypertonie). Fetale Elektrokardiogramme einer 34jährigen Ipara. Zyklus: 28/3 Tage, ET: 1o.3.197o. Spontangeburt am 3.3.197o aus I. Kopflage, 2.75o g/5o cm, Mädchen. Die Patientin erkrankte ab 37. Schwangerschaftswoche an einer mittelschweren Präeklampsie (Ödeme: +++, Proteinurie: 1,6 g/l, Hypertonie: RR 16o/11o mmHg). Die Amplituden der fetalen R-Zacken nahmen bis zur 38. Woche bis 68 Mv zu und fielen nach Auftreten der Präeklampsiesymptome steil ab.

Schwangerschafts-wochen	Vernix caseosa in %					
	keine	1o%	3o%	6o%	9o%	Übertragung
38.	0	0	2	0	0	keine
39.	1	2	0	0	0	keine
4o.	6	3	0	0	0	eine
41.	12	4	0	0	0	keine
42.	14	1	0	0	0	zwei
43.	5	0	0	0	0	keine
	38	1o	2	0	0	drei

Tab. 8. Vernix caseosa-Menge der Hautoberfläche in % und Häufigkeit der Übertragung bei 5o Schwangeren mit präeklamptischem Schwangerschaftsverlauf

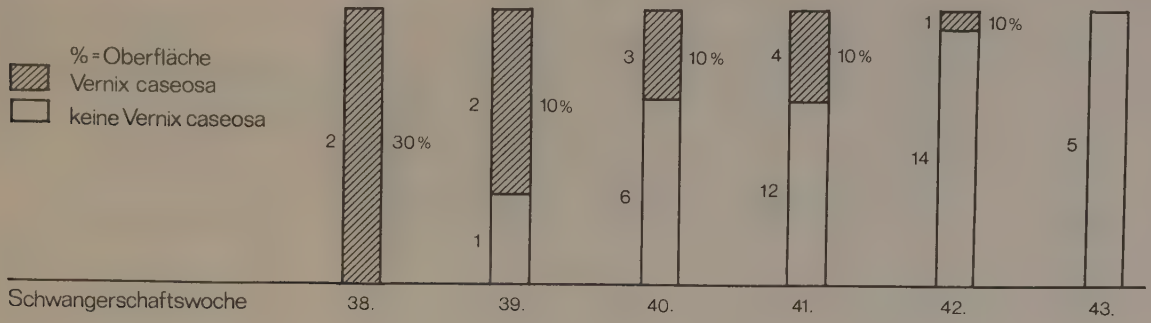
Die Vernixschicht der kindlichen Hautoberfläche nimmt bei Schwangeren mit Präeklampsie in gleichem Masse ab, wie bei Normalfällen (Tab. 8 und 9).

In Tab. 9 sind die einzelnen Potentialgruppen zwischen der 38. und 43. Schwangerschaftswoche und der Vernix caseosa-Gehalt der kindlichen Hautoberfläche gegenübergestellt.

Die Abnahme der R-Zacken-Amplituden ist bei den präeklamptischen Schwangerschaften unabhängig vom Vernix caseosa-Belag der kindlichen Hautoberfläche.

Der steile Abfall der R-Zacken-Amplituden wird wahrscheinlich durch relative Insuffizienz der präeklamptischen Plazenta mit nachfolgender verminderter Durchblutung und O_2-Versorgung des fetalen Herzens verursacht.

Zahl der Geburten bei Präeklampsie



	[µV]						
R-Zacken		20,01	19,33	22,36	30,17	28,94	24,03
Abweichung		5,01	4,35	7,58	8,54	8,22	8,80
Ableitungen		19	15	19	22	19	31

Tab. 9. Abhängigkeit der fetalen R-Zacken-Potentiale von der Vernix caseosa-Menge bei 5o Schwangerschaften mit Präeklampsiesymptomatik

4. Ergebnisse bei Schwangerschaften mit vermehrter Fruchtwasserbildung (Hydramnion)

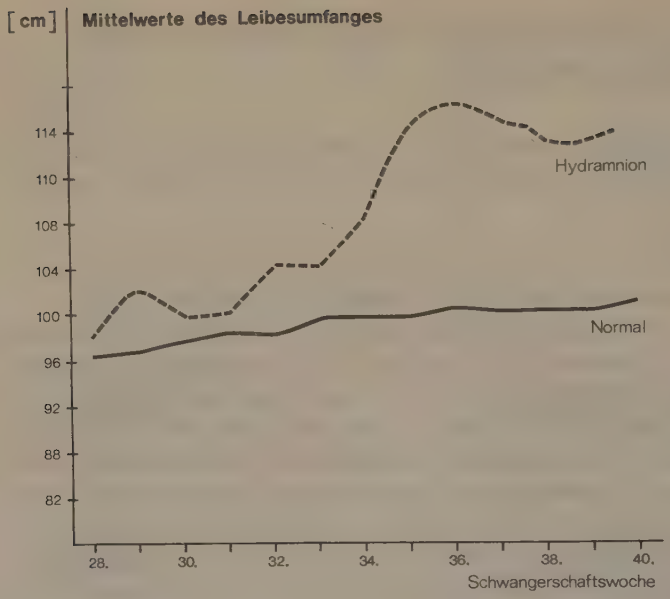
Bei 13 schwangeren Frauen, die zwischen den Jahren 1969-1971 in unserer Klinik entbunden worden sind, wurde ein Hydramnion beobachtet.

Diese Patientinnen wurden in regelmässigen Abständen elektrokardiographisch untersucht. Die Diagnose Hydramnion wurde während der Schwangerschaft mit Hilfe der äusseren Untersuchung -insbesondere regelmässigen Messung des Leibesumfanges (s.Tab. 11)- gestellt und nach dem Fruchtblasensprung an der Fruchtwassermenge bestätigt. In Tab. 1o ist der nach der Geburt beobachtete Vernix caseosa-Belag der kindlichen Hautoberfläche bei Schwangeren mit Hydramnion in Absolutzahlen dargestellt. Unsere Kinder sind in der 34., 4o. und 41. Schwangerschaftswoche geboren; über Vernix caseosa-Belag von Neugeborenen ausserhalb dieser Schwangerschaftswochen können deshalb keine Angaben gemacht werden.

Schwangerschafts-wochen	Vernix caseosa in %					
	keine	1o%	3o%	6o%	9o%	
34.	0	0	0	0	3	
4o.	0	1	3	3	0	
41.	0	1	1	1	0	
	0	2	4	4	3	= 13

Tab. 1o. Prozentuale Verteilung des Vernix caseosa-Belags der fetalen Hautoberfläche in 13 Fällen

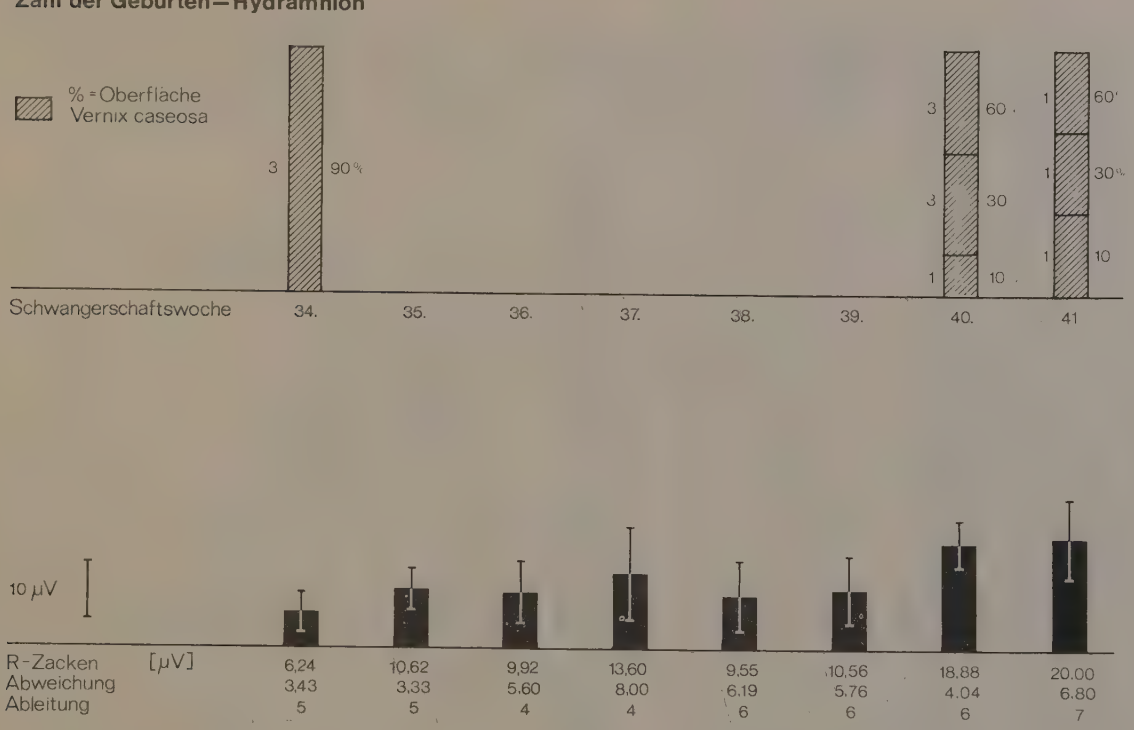
Die nach dem Blasensprung gemessenen Fruchtwassermengen betrugen zwischen 2.4oo und 2.9oo ml (abgerundete Absolutzahlen).



Tab. 11. Abhängigkeit des Leibesumfangs von den Schwangerschaftswochen a) bei Normalfällen und b) bei Hydramnion

Bei unseren 13 Hydramnion-Fällen wurde im Vergleich zu den Normal-Fällen bzw. Präeklampsie-Fällen bei gleicher Tragzeit mehr Vernix caseosa festgestellt (s. Tab. 12). Die Ursache des Hydramnion konnte bei unseren Untersuchungen lediglich in einem Fall festgestellt werden; es handelte sich um einen Anencephalus, der kurz nach der Geburt starb. In einem anderen Fall mit Hydramnion wurde ein achondroplastischer Zwerg geboren.

In Abb. 19 sind die durch 96 Einzelableitungen ermittelten Amplituden der fetalen R-Zacken in Abhängigkeit von den Schwangerschaftswochen graphisch dargestellt. Die Amplitudenmittelwerte und deren Abweichungen wurden in der gleichen Weise wie bei den normalen und präeklamptischen Schwangerschaften berechnet.



Tab. 12. Abhängigkeit der R-Zacken-Potentiale vom Vernix caseosa-Belag der kindlichen Hautoberfläche bei 13 schwangeren Frauen mit Hydramnion

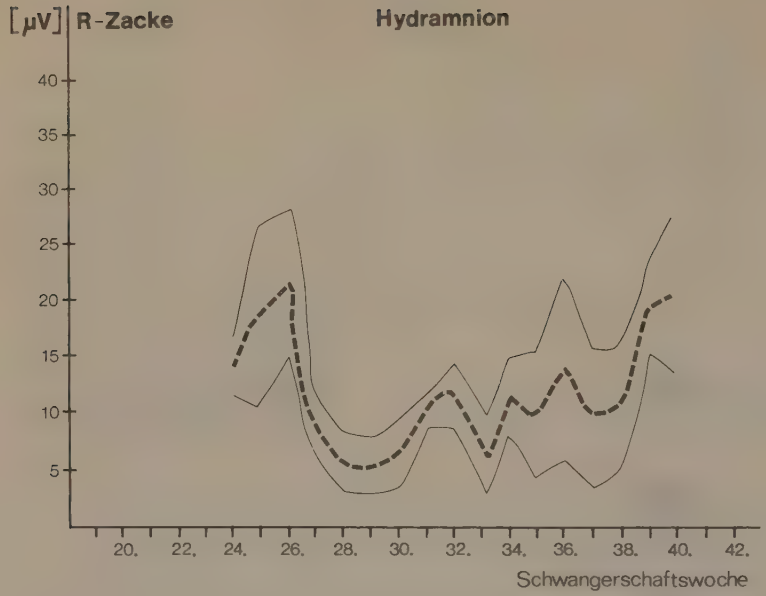


Abb. 19. Abhängigkeit der fetalen R-Zacken-Potentiale von der Schwangerschaftsdauer bei 13 Schwangerschaften mit Hydramnion. - - - - - - - - = arithmetische Mittelwerte, ———— = Standardabweichungen

Bei der abnormen Vermehrung des Fruchtwassers (Hydramnion) bleiben die Amplituden der kindlichen R-Zacken im Vergleich zu normalen Schwangerschaften absolut niedrig. In unserer Untersuchungsreihe steigen die R-Zacken-Amplitudenmittelwerte von 1o Mikrovolt in der 38. Schwangerschaftswoche bis höchstens 2o Mikrovolt in der 4o.-41. Schwangerschaftswoche (s. Abb. 19 u. 2o).

Zum Schluss soll in der Abb. 21 der unterschiedliche Verlauf der Amplitudenmittelwerte beim Hydramnion, bei der Präeklampsie und beim normalen Schwangerschaftsverlauf dargestellt werden.

Die Amplituden der fetalen R-Zacken sind bei Schwangerschaften mit Hydramnion auch am Ende der Schwangerschaft wegen der Isolation durch Fruchtwasser und Vernix caseosa sehr niedrig.

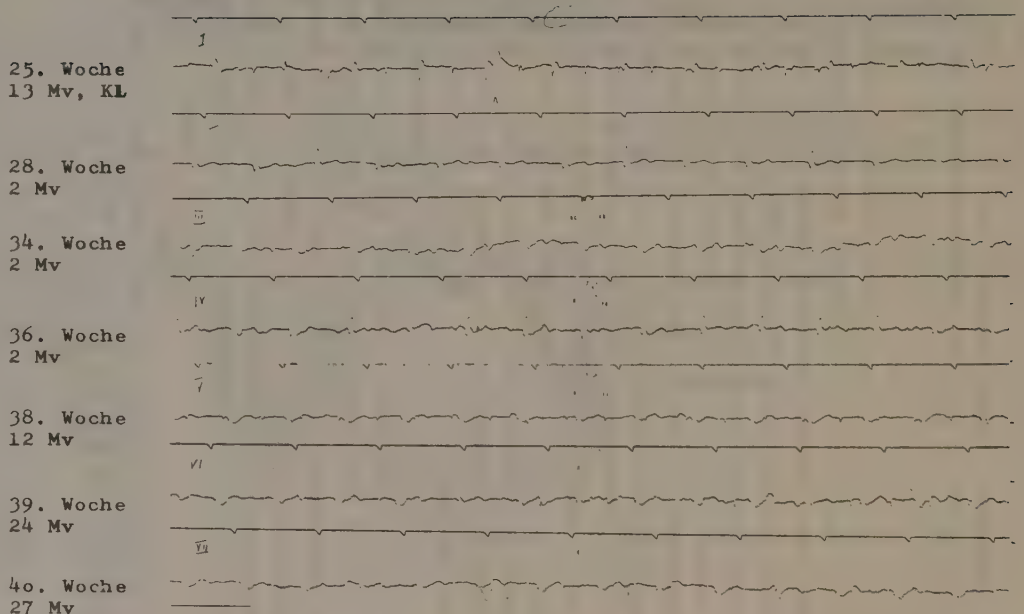


Abb. 2o. Elektrokardiographische Verlaufsuntersuchungen bei Schwangerschaften mit Symptomen eines Hydramnion. Fetale Elektrokardiogramme einer 33jährigen IIIpara. Zyklus: 28/5 Tage, ET: 19.2.1971, Spontangeburt 22.2.1971 aus II. Kopflage, Knabe, 3.7oo g/55 cm, Fruchtwassermenge ca. 2.85o ml. Vernix: 3o-6o% der Körperoberfläche

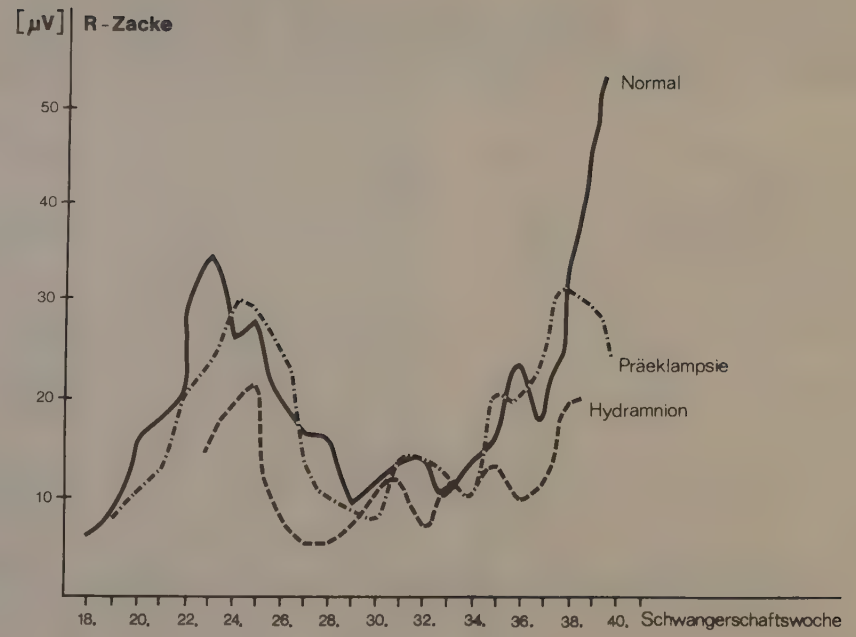


Abb. 21. Abhängigkeit der fetalen R-Zacken-Potentiale von der Schwangerschaftsdauer 1. bei normalen Schwangerschaften (2oo Fälle), 2. bei Schwangerschaften mit Präeklampsie (5o Fälle), 3. bei Schwangerschaften mit Hydramnion (13 Fälle).

VIII. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Die statistische Auswertung unserer bei der fetalen Elektrokardiographie gewonnenen Ergebnisse zeigt, dass die Amplituden der kindlichen Herzaktionspotentiale von der Schwangerschaftsdauer abhängig sind (s. auch WIMMER, BOLTE, LARKS, STRECKER).

In unseren Untersuchungen stiegen die Amplituden der fetalen R-Zacken bei normalem Schwangerschaftsverlauf in der beobachteten Zeit (von der 18. Woche bis zum Ende der Schwangerschaft) ab 19. Woche von 6 Mikrovolt (Mittelwert) bis 35 Mikrovolt in der 23.-24. Woche steil an und sanken bei weiterem Fortschreiten der Schwangerschaft bis auf 8 Mikrovolt (Mittelwert) in der 29. Woche ab. Zwischen der 29. und 35. Woche blieben die abgeleiteten Amplituden bis auf geringe Schwankungen unverändert niedrig und stiegen danach bis zur Geburt des Kindes zunächst langsam und in den letzten 14 Tagen steiler an. Die Verläufe der R-Zacken-Amplituden bei normalen Schwangerschaften, die wir durch abdominale Ableitungen (12 Standard-Ableitungen) gewannen, stimmen mit den Ergebnissen anderer Autoren (LARKS, BOLTE) völlig überein. Kurz vor dem Geburtstermin wurden R-Zacken-Potentiale von im Mittel 55 Mikrovolt gemessen. Bei verlängerter Tragzeit und Übertragung fanden wir in Übereinstimmung mit BOLTE u.a. ständig zunehmende R-Zacken-Potentiale - in einem Fall sogar bis 12o Mikrovolt. Nur einmal konnten wir schon in der 16. Schwangerschaftswoche die kindlichen Herzaktions-Potentiale registrieren (s. auch WARD u. KENNEDY). GAUGHEY gelang die 1. Registrierung in der 14. Woche, BOLTE in der 17. Woche.

NYMAN konnte sogar durch Anwendung der kombinierten abdominozervikalen Ableitungen schon am 54. Tag der Schwangerschaft die fetalen Herzaktionspotentiale nachweisen.

Durch Untersuchung der Neugeborenen unmittelbar nach der Geburt stellten wir fest, dass bei Frühgeborenen die gesamte Hautoberfläche (bis 9o%) mit Vernix bedeckt war und bei reifen eutrophen

Kindern keine oder nur geringe Mengen von Käseschmiere vorhanden sind (Tab. 3 und 4). Wir stimmen mit WIMMER und BOLTE (1961) auch darin überein, dass die relativ kleinen R-Zacken-Potentiale im 8. und 9. Schwangerschaftsmonat durch die hohe isolierende Wirkung der Vernix caseosa von 1, 2-1, 4 . 10^{23} Ohm cm^{-1} bedingt ist.

Bei den Schwangerschaften mit präeklamptischer Symptomatik fanden wir, dass sich die fetalen R-Zacken-Amplituden von der 19. bis zur 36. Schwangerschaftswoche ähnlich verhalten, wie bei normalen Schwangerschaften; in den letzten vier Schwangerschaftswochen dagegen bleibt bei der Präeklampsie der erwartete steile Anstieg der R-Zacken-Amplituden aus (Abb. 17 und 18).

Diese relative Niedervoltage während der Präeklampsie war in unserer Untersuchungsreihe abhängig vom Schweregrad der Erkrankung (s. Abb. 16 und Tab. 7). Die Amplituden der R-Zacken nahmen bei präeklamptischem Schwangerschaftsverlauf in den letzten 4 Wochen nur um 5 Mikrovolt zu, während sie bei normalem Schwangerschaftsverlauf in der gleichen Zeit um 32,5 Mikrovolt anstiegen.

	36.	37.	38.	39.	4o.	Schwangerschaftswoche
Mikrovolt	22,5	27	32	42	55	Normalfälle
"	2o	24	3o	28	25	Präeklampsie
"	14	1o	12	17	2o	Hydramnion

Tab. 13. Unterschiedliches Verhalten der R-Zacken-Amplituden-Mittelwerte in 3 Patientinnen-Gruppen von der 3o.-4o. Schwangerschaftswoche

Da wir bei den Kindern der Präeklampsiefälle im Vergleich zu den Normalfällen bei gleicher Tragzeit prozentual gleiche Käseschmieremengen nach der Geburt auf der Haut fanden (Tab. 8 und 9, Tab. 3 und 4) und andererseits die ermittelten R-Zacken-Potentiale vom Schweregrad der auftretenden Präeklampsie (Ödeme, Proteinurie, Hypertonie) abhängig sind, führen wir diesen relativen

Potentialverlust auf die durch gesteigerte Wassereinlagerung bedingte schlechte elektrische Leitfähigkeit der mütterlichen Gewebeschichten zurück.

Als Beweis hierfür fanden wir bei Verlaufsuntersuchungen an 13 Schwangeren mit klinisch manifestem Hydramnion im Vergleich zu den Normalfällen erheblich niedrigere fetale R-Zacken-Potentiale (Abb. 19 und 21).

Der Anstieg der fetalen R-Zacken-Potentiale betrug von der 36. bis zur 4o. Woche vor der Geburt im Mittel nur 6 Mikrovolt(Tab. 13). Bei der Untersuchung der Plazenta der während der Schwangerschaft an Präeklampsie erkrankten Frauen fanden wir lediglich in einem Fall histologische Veränderungen (verstärkte Fibrinanlagerungen im intervillösen Kapillarsystem, Thrombosen und Infarkte) und in zwei Fällen eine mässig ausgeprägte Placenta circumvallata.

Wir sehen in diesen Befunden keine Beziehungen zu den ermittelten Verläufen der R-Zacken-Amplituden bei der Präeklampsie. Die Abnahme der O_2-Sättigung im Nabelschnurarterienblut durch die auf 3o-4o% gesenkte Durchblutung der Plazenta bei Präeklampsie kann zur Hypoxie des fetalen Herzens führen.

SOUTHREN wies in der Nabelschnurarterie der intrauterin asphyktischen Kinder durch Bestimmung der O_2-KOnzentration nach der Geburt erheblich niedrigere Werte, als bei normalen Vergleichskindern nach. Er zeigte gleichzeitig die durch Hypoxie bedingten Veränderungen in den abgeleiteten fetalen Elektrokardiogrammen wie: ST-Senkungen, R-Zackenverluste, Veränderungen der Überleitungszeit. Bei seinen Untersuchungen an 12 Präeklampsiefällen konnte er keine Veränderungen der Elektrokardiogramme im Vergleich zu den Normalfällen feststellen. Seine Ergebnisse beruhen auf Einzel-Ableitungen. Eine Verlaufsuntersuchung führte er nicht durch.

Wir konnten bei der Auswertung unserer Untersuchungsergebnisse

in keinem der fetalen Elektrokardiogramme eine ST-Senkung oder Verlängerung der Überleitungszeit bei drei untersuchten Gruppen registrieren. Hierin stimmen wir wiederum mit BOLTE überein.

Die Bedeutung und Anwendung der fetalen Elektrokardiographie bei Schwangerschaften mit Präeklampsie und Hydramnion

Aufgrund der von uns festgestellten Tatsache, dass die Amplituden der fetalen Herzaktionspotentiale in abdomino-dorsaler Ableitung bei Präeklampsie oder Hydramnion während der Schwangerschaft, insbesondere in den letzten vier Wochen, niedriger sind als im Normalfalle (Abb. 21), können folgende Richtlinien für elektrokardiographische Untersuchungen in diesen Fällen angegeben werden:

Wegen der grossen Streuungsbreite der Methode (ca. 45-50% bei einer Einzel-Registrierung) muss man bei jeder Schwangeren durch mehrere, in kurzen Abständen erfolgende Ableitungen, den Verlauf der R-Zacken-Potentiale erfassen. Bei klinisch manifester Präeklampsie und beim Hydramnion mit Niedervoltage der abgeleiteten fetalen R-Zacken können der Verlauf dieser Störungen und der Erfolg dehydrierender therapeutischer Massnahmen besser kontrolliert werden.

IX. ZUSAMMENFASSUNG

Durch die Anwendung des Elektroencephalographen (12-Kanalschreiber und regelmässige, in zwei- bis dreiwöchigen Abständen durchgeführte abdominale fetale Elektrokardiographie mit 12 Standard-Ableitungen bei insgesamt 263 Patientinnen (1. Schwangerschaften mit normalem Verlauf, 2. mit präeklamptischen Verlauf, 3. mit Hydramnion) wurden insgesamt 1.560 Elektrokardiogramme gewonnen.

Beim Auftreten eines Hydramnions oder einer Präeklampsie wurde in 2- bis 3tägigen Abständen abgeleitet. Die Diagnose Hydramnion wurde aufgrund der pathologischen Leibesumfangszunahme gestellt und durch Messung der bei der Geburt abgelaufenen Fruchtwassermenge (mehr als 2 l) bestätigt (13 Fälle). Bei der Präeklampsie (50 Fälle) wurden nur objektive Symptome (Ödeme, Proteinurie, Hypertonie) berücksichtigt. Die ermittelten fetalen R-Zacken-Amplituden-Mittelwerte (insgesamt 1.032 Ableitungen bei 200 Frauen mit normalem Schwangerschaftsverlauf) stiegen bei allen drei Gruppen von der 19. bis zur 23.-24. Woche an und sanken im weiteren Verlauf der Schwangerschaft auf 6-8 Mikrovolt in der 28.-29. Woche ab. Zwischen der 29. und 36. Woche blieben die R-Zacken-Amplituden fast unverändert niedrig.

Während die kindlichen R-Zacken-Potentiale im weiteren Verlauf der normalen Schwangerschaft von der 36. Woche bis zur Geburt um 32-33 Mikrovolt (Mittelwert) anstiegen, nahmen die abgeleiteten fetalen Potentiale bei den Schwangerschaften mit Spätgestose oder Hydramnion in den letzten 4 Wochen nur um 5-6 Mikrovolt zu.

Da alle 263 Frauen in unserer Klinik entbunden wurden, war es möglich, die Neugeborenen unmittelbar nach der Geburt pädiatrisch zu untersuchen und nach den Reifegradienten zu beurteilen. Dabei zeigten die Kinder aller drei Gruppen bei gleichem Reifegrad prozentual gleiche Mengen an Käseschmiere auf der Haut.

Daraus wurde der Schluss gezogen, dass der gegenüber normalen Schwangerschaftsverläufen vergleichsweise niedrige R-Zacken-Amplitudenverlauf bei Präeklampsie und Hydramnion durch vermehrte Wasserbildung (Hydramnion) oder Wassereinlagerung in den mütterlichen Gewebeschichten (Präeklampsie) und damit durch verminderte elektrische Leitfähigkeit bedingt ist.

Die fetale Elektrokardiographie erweist sich als ein wertvolles klinisches Hilfsmittel, Verlauf und therapeutische Massnahmen bei den durch hohe mütterliche und kindliche Morbidität belasteten Spätgestosen sowie das Hydramnion in der Schwangerschaft zu kontrollieren.

X. S C H R I F T T U M

1. BELL, G. H.: The human foetal electrocardiogram. J. Obstet. Gynaec. Brit. Emp. 45(1938),8o2-8o9

2. BERNSTEIN, R. L., BORKOWSKI, W.J.: Prenatal fetal electroencephalography. Amer. J. Obstet. Gynec. 7o(1955),623-63o

3. BERNSTEIN, R. L., BORKOWSKI, W. J.: Prenatal fetal electrocardiography. Amer. J. Obstet. Gynec. 7o(1955),631-638

4. BERNSTEIN, R. L., BORKOWSKI, W. J.: Prenatal fetal electroencephalography. Amer. J. Obstet. Gynec. 77(1959),1116-1119

5. BERNSTEIN, P., MANN, H.: A clinical evaluation of fetal electro cardiography. Amer. J. Obstet. Gynec. 43(1942),21-32

6. BLONDHEIM, S. H.: The technique of fetal electrocardiography. Amer. Heart J. 34(1947),35-49

7. BOLTE, A.: Zur Ableitung und Bewertung fetaler Herzaktionspotentiale bei schwangeren Frauen. Arch. Gynäk. 194 (1961),594-61o

8. BOLTE, A.: Die geburtshilfliche Bedeutung der pränatalen Ableitung fetaler Herzaktionspotentiale. Dtsch. med. Wschr. 11(1961),483-486

9. BOLTE, A.: Die elektrokardiographische Diagnose der Zwillingsschwangerschaft. Z. Geburtsh. u. Frauenheilk. 1o(1964), 85o-865

1o. BOLTE, A.: Der elektrokardiographische Nachweis des fetalen Lebens. Z. Geburtsh. u. Frauenheilk. 4(1965),329-342

11. BOLTE, A.: Die pränatale fetale Elektrokardiographie. Der Gynäkologe 2(1969),63-73

12. BOLTE, A., BACHMANN, K. D., KÜHN, G.: Die fetalen Herzaktionspotentiale und ihre diagnostische Bedeutung. Arch. Gynäk. 2o3(1966),133-163

13. BOLTE, A., BAUERSCHMITZ, H.: Amnioskopie, Zervixbefund und Geburtseinleitung bei Verdacht auf Plazentadysfunktion nach Selektion durch fetale Elektrokardiographie. Z. Geburtsh. u. Frauenheilk. 6(1969),578-589

14. BOLTE, A., HOFFMANN, E., RÖHRICH, J.: Diagnostik und Therapie bei Plazentadysfunktion. Münch. med. Wschr. 38(1968), 2136-2142

15. BOLTE, A., KESSLER, J.: Das Elektrokardiogramm des Kaninchenfetus. Arch. Kreisl.-Forsch. 57(1968),229-239

16. BOLTE, A., KESSLER, J., WINKHAUS, I.: Zur Reifegradbestimmung in der Schwangerschaft. Z. Geburtsh. u. Frauenheilk. 3o(1969),616-623

17. CAUGHEY, A. F.: Electronic detection of fetal life. Amer. J. Obstet. Gynec. 17(1961),382-392

18. CREMER, M.: Über die direkte Ableitung der Aktionsströme des menschlichen Herzens vom Ösophagus und über das Elektrokardiogramm des Fötus. Münch. med. Wschr. 53(19o6),811-813

19. DRESSLER, M., MOSKOWITZ, S.: Fetal electrocardiographiy and stethography. Amer. J. Obstet. Gynec. 41(1941),775-792

2o. GOODYER, A. V. N., GEIGER, A. J., MONROE, W.M.: Clinical fetal electrocardiography. Yale J. Biol. Med. 15(1942),1-2o

21. HAYNAL, E., KELLNER, D.: Elektrokardiogrammstudien am Foetus in utero. Z. klin. Med. 98(1924),365-368

22. HÖRMANN, g., LEMTIS, H.: Die menschliche Plazenta. Aus: SCHWALM, H. u. DÖDERLEIN, G.(Hrsgg.): Klinik der Frauenheilkunde und Geburtshilfe. Verlag Urban & Schwarzenberg, München-Berlin 1965, S.425-636

23. HON, H.: Electronic evaluation of the fetal heart rate. Amer. J. Obstet. Gynec. 75(1958),1215

24. HON, H.: Observations on "pathologic" fetal bradycardia. Amer. J. Obstet. Gynec. 77(1959),1o84

25. HON, H.: The fetal heart rate patterns preceding death in utero. Amer. J. Obstet. Gynec. 78(1959),47

26. HON, H., HESS, O. W.: The clinical value of fetal electrocardiography. Amer. J. Obstet. Gynec. 79(196o),1o12-1o24

27. HON, H., LEE, S. T.: The fetal electrocardiogram. II. Measuring technics. Amer. J. Obstet. Gynec. 24(1964),6-12

28. HON, H., LEE, S. T.: The fetal electrocardiogram. III. Display techniques. Amer. J. Obstet. Gynec. 91(1965),56-61

29. JOHNSON, A. S.: An unexpected electrocardiogram of the fetus. J. Amer. med. Ass. 111(1938),916-918

3o. KAPLAN, S., TOYAMA, S.: Fetal electrocardiography utili ing abdominal and intrauterin leads. Amer. J. Obstet. Gynec. 11(1958),391-398

31. LARKS, S. D.: The fetal electrocardiogram in multiple pregnancy. Amer. J. Obstet. Gynec. 77(1959),1109-1120

32. LARKS, S. D.: The abnormal fetal electrocardiogram, intrauterine fetal difficulty and fetal distress. Amer. J. Obstet. Gynec. 22(1963),427-432

33. LARKS, S. D.: Estimation of electrical axis of the fetal heart. Amer. J. Obstet. Gynec. 91(1965),46-57

34. LARKS, S. D., ANDERSON, G. V.: The abnormal fetal electrocardiogram. Amer. J. Obstet. Gynec. 84(1962),1893-1899

35. LARKS, S. D., DASGUPTA, K.: Fetal electrocardiography, with special reference to early pregnancy. Amer. Heart J. 56 (1958),701-715

36. LARKS, S. D., WEBSTER, A., LARKS, G.G.: Quantitative studies on fetal electrocardiography. I. Prenatal prediction of the condition of the infant at birth (Apgar rating). Amer. J. Obstet. Gynec. 98(1967),52-55

37. LARKS, S. D., WEBSTER, A., LARKS, G, G.: Quantitative studies in fetal electrocardiography. II. Distribution of basic data, twin and sex differences. Amer. J. Obstet. Gynec. 100(1968),1135-1138

38. McCLURE BROWNE, J. C.: Das Insuffizienz-Syndrom der Plazenta. Z. Geburtsh. u. Frauenheilk. 9(1958),1085-1097

39. MAEKAWA, M., TOYOSHIMA, J.: Acta scholen med. univ. mip. Kioto 12(1930),519

40. MANN, H., BERNSTEIN, P.: Fetal electrocardiography. Amer. Heart J. 22(1941),390-400

41. MARTIUS, H.: Übertragung (VI. Hauptbericht). Arch. Gynäk. 183 (1952),560-581

42. MILLER, M. L., WERCH, S. C., MILTON, J. D.: Determination of fetal life by electrocardiagraphy. Amer. J. Obstet. Gynec. 11(1958),398-403

43. NOVOTNY, A., HASS, W. K., CALLAGAN, A.: Early diagnosis of multiple pregnancy. J. Amer. med. Ass. 171(1959),880-884

44. NYMAN, O.: Försök att registrera fostrets hjärtslag medelst EKG. Svenska Lakartidn 48(1946),2897-2901

45. PALEY, S. S., KRELL, S.: Fetal electrocardiography and stethography. Amer. J. Obstet. Gynec. 48(1944),489-496

46. SCHÖMIG, G.: Technische und methodische Fortschritte der Abdominalelektrokardiographie. Zbl. Gynäk. 50(1954),2200-2206

Zum Schluss ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. med. G. HÖRMANN für die Überlassung des Themas, sein reges Interesse, die mir gewährten Arbeitsmöglichkeiten und für die vielen wertvollen Anregungen meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Ebenso danke ich Herrn Oberarzt Dr. med. G. KARKUT für die Beschaffung der Apparatur und für die Beratung und zahlreichen Hinweise.